

## TRANSLATION

### FRENCH PATENT APPLICATION 2,698,302

International Class <sup>5</sup> :	B 23 K 26/00, 26/08
Filed:	Nov. 25, 1993
Priority:	Nov. 25, 1992 - Japan 33-978492
Published:	May 25, 1994 - Gazette 94/21
Title: Laser Cutting Method	
Inventors:	Yasuji Yoshizumu and Akihiro Inoue
Applicant:	Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha, Japan

**Abstract:** A workpiece (5) is installed on a table (6) and measured. The focusing position (19) of a laser beam (1), the cutting speed and the optimum laser power are set by unit (17) to conform with the measurement. Unit (17) provides identical instructions for laser oscillator (7) activation and table (6) positioning following a predetermined course.

## SPECIFICATION

### (Field of invention)

5 The present invention concerns a method for cutting a production piece with a laser beam without causing thermal damage such as burning.

### (Description of state of the art)

Fig. 7 represents a layout diagram of a laser cutting machine in accordance with the state of the art as shown in Japanese Patent Application N° 62-240184. In the figure, 10 reference number 1 represents a laser beam, number 2 a condenser lens placed inside a laser machining head 12 described below, number 3 an added gas such as N2, number 4 an added-gas pipe functioning as a nozzle through which a laser beam is transmitted from the laser machining head 12, number 5 a production piece such as an insulating plate used in electrical appliances, number 6 an X-Y table to secure a production piece, 15 number 7 a laser oscillator such as a CO<sub>2</sub> laser, number 8 represents a fully reflecting mirror incorporated in the laser oscillator 7, number 9 a partially reflecting mirror incorporated in the oscillator 7, number 10 a phototube attached to the laser oscillator 7, number 11 a curved mirror placed in a corner where the horizontal and vertical tubular sections of the phototube 10 are connected perpendicularly, number 12 a hollow laser machining head attached to the bottom end of the vertical tubular section of the phototube 10, number 13 a gas container supplied with added gas which protrudes from the side of the laser machining head 12, number 14 a service panel, number 15 a device for circulating the laser gas, number 16 a cooling unit, and number 17 a system control panel comprising a regulation unit.

20 25 A description of a laser cutting method using the laser cutting machine described above is provided below. In preparation for cutting, data required for system control

such as thickness data relating to the thickness of the production piece and positioning data relating to a cutting line on the production piece 5 are firstly entered in the system control panel 17, following which the system control panel 17 is switched on. Start-up of the system control panel 17 also activates a vacuum pump unit not shown in the diagram which generates a predetermined level of vacuum inside the laser oscillator 7 and the phototube 10. The system control panel 17 then activates the laser gas circulation device 15, which in turn fills the laser oscillator 7 and phototube 10 with a laser gas such as CO<sub>2</sub> in order to create an internal medium of laser gas at a predetermined low pressure. Simultaneously with activation of the system control panel 17, the cooling unit 16 is activated in order to cool the inside of the laser oscillator, the fully reflecting mirror 8, the partially reflecting mirror 9, the inside of the phototube 10, the curved mirror 11, the condenser lens 2 and the laser machining head 12. Then the production piece 5 is placed and secured on the X-Y table 6 in a predetermined position.

After the preparatory procedure described above, when the system control panel 17 is ready to start cutting, the system control panel 17 transmits thickness data to the service panel 14, which in turn supplies the laser oscillator 7 with power on the basis of thickness data in order to activate it. Light from the laser generated by the laser oscillator 7 is converted into a laser beam 1 by increasing its energy through repeated reflections between the fully reflecting mirror 8 and the partially reflecting mirror 9. The laser beam 1 is emitted from the laser oscillator 7 towards the curved mirror 11 via the partially reflecting mirror 9. This radiated laser beam is reflected by the curved mirror 11 and thus directed towards the production piece 5. This reflected laser beam 1 is condensed by the condenser lens 2 and radiated onto the production piece as a high-energy light beam. At the same time, an added gas (supplied by the added-gas unit comprising gas cylinder, stop valve and pipe not shown in the diagram) is projected from the added-gas nozzle 4 towards the periphery of the light beam radiated onto the produc-

tion piece 5. Once operation of the laser oscillator 7 has attained normal capacity, the system control panel 17 transmits speed data based on position and thickness data to a regulation unit in order to control the X-Y table 6, which in turn moves longitudinally and laterally in a single plane as its position and speed are regulated. The production piece 5 is displaced in this plane longitudinally and laterally with respect to the light ray of the laser beam 1 by movement of the X-Y table 6 in order to trace a predetermined cutting line. Consequently, a predetermined section of the production piece 5 is cut by the ray of high-energy light of the laser beam 1. During cutting, the added gas 3 cools the periphery of the cut section of the production piece 5 and also evacuates decomposition gases emitted by the production piece 5.

With a laser cutting method such as this, cutting speed is determined by speed data based on thickness data transmitted by the system control panel 17, and the strength of the laser is determined by an electrical power supply based on thickness data from the laser oscillator 7. The combination of cutting speed and laser strength determines the quality of the cut surface finish of the production piece 5, which is explained below with reference to Fig. 8. Fig. 8 shows the results of a quality evaluation of the surface finish of a cut 6.4 mm fabricating plate used as the production piece 5, obtained by observing the ratio between cutting speed and laser strength.

In zone A of Fig. 6, an uncut part remains on a lower section of the fabricating plate as a result of insufficient laser strength or excessive cutting speed. In zone B, the fabricating plate is perfectly cut, however the flow of added gas is insufficient in the lower section of one cut groove and a small quantity of carbide is generated on one of the cut surfaces. In zone C, a high-quality cut surface finish is obtained without any carbide being produced. In zone D, because the cutting speed is not high enough, a small quantity of carbide is generated on the upper section of a cut surface as a result of combustion due to the effect produced on the edge of the condensation distribution of the

laser beam. In zone E, because the cutting speed is far lower than in zone D and the duration of combustion for a cut section is longer, carbide generated on the cut surface is visible to the naked eye.

5 From Fig. 8 it can be seen that the quality of a cut surface depends on a combination of laser strength and cutting speed and that zone C, in which cutting is optimised and no carbide is generated on the cut surface, is obtained by selecting the best combination of laser strength and cutting speed.

10 Although the results are not shown in the enclosed diagrams, the present applicant cut fabricating plates with thicknesses other than 6.4 mm (1.6 mm and 3.2 mm for example) with a laser beam and evaluated the quality of these cut surfaces. A multiplicity of zones A to E showing the same trends as those in Fig. 8 were produced, however it was verified that the combination of laser strength and cutting speed was affected by the thickness of the production piece.

15 In the laser cutting method according to the state of the art described above, thickness data of the production piece 5 are pre-stored in the system control panel 17; the system control panel 17, when ready to start cutting, calculates speed data corresponding to the cutting speed in relation to the thickness data and transmits the speed data and thickness data to the service panel 14. The service panel 14 regulates the strength of the laser according to cutting speed and thickness (speed data and thickness data). However, generally there are differences in thickness across a range of sections 20 in a single production piece 5 to be cut, these being generated as a result of tolerances during production. For this reason, if the actual thickness of one section of the production piece 5 to be cut is greater or less than the predetermined thickness, a high-quality cut surface finish cannot be obtained simply by regulating the strength of the laser 25 according to cutting speed and thickness as in the laser cutting method according to the state of the art described above.

In addition, the cutting method outlined in the preceding article causes the following problem: laser strength cannot be determined unless thickness data for the production piece 5 are entered beforehand in the system control panel 17.

5      **Summary of the invention**

The present invention is designed to solve the problems described above inherent in the state of the art and the aim of the present invention is to provide a laser cutting method by which a high-quality cut surface finish can be obtained by adjusting in real time the optimum focusing position of a laser beam radiated onto a production piece 10 according to variations in the thickness of the production piece, and (2) by real-time selection of the best combination of cutting speed and laser strength.

According to one embodiment of the present invention, outlined under claim 1, a laser cutting method is proposed comprising the following steps: (1) install and position a production piece on the cutting table of a laser cutting machine, (2) measure the thickness of the production piece, (3) transmit the thickness measurement to a regulation unit connected to the laser cutting machine, (4) set the optimum focusing position of a laser beam and the cutting speed which corresponds to the thickness measurement in the regulation unit, (5) propagate the ray of a laser beam from the laser oscillator of the laser cutting machine while focusing of the laser beam is corrected in order to obtain an optimum position with respect to the production piece in accordance with instructions from the regulation unit, and (6) cut the production piece with the heat energy from the laser beam while the cutting table is displaced in relation to the laser beam in a single plane in order to trace a predetermined cutting trajectory according to instructions from the regulation unit.

According to a second embodiment of the present invention, a laser cutting

method is proposed whereby the optimum focusing position of the laser beam radiated onto the production piece is adjusted inside the thickness of the production piece.

According to a third embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the thickness of the production piece is measured with a thickness sensor placed on a part of the cutting table where the production piece is not installed.

According to a fourth embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the thickness of the production piece installed on the cutting table is measured by contact with the surface of the production piece.

According to a fifth embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the thickness of the production piece installed on the cutting table is measured without contact with the surface of the production piece.

According to a sixth embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby a profiling device, attached to a phototube which supports the laser machining head propagating the laser beam of the laser cutting machine and enables it to move vertically, measures slight variations in the thickness of a section of the production piece during the cutting process and transmits the measured level of variation to the regulation unit. The regulation unit calculates the level of correction according to the measured level of variation received from the profiling device, then adjusts and slightly moves the laser machining head vertically to correct the optimum focusing position of the laser beam with respect to the production piece.

According to a seventh embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the profiling device measures a thickness of the production piece installed on the cutting table by being in contact with the surface of a section of the production piece in proximity to a section that has been irradiated by the laser beam.

According to an eighth embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the profiling device measures a thickness of the production

piece installed on the cutting table without being in contact with the surface of the production piece.

According to a ninth embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the above-mentioned predetermined cutting trajectory is traced by movement in a plane of the X-Y table used as the cutting table.

According to a tenth embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the predetermined cutting trajectory is traced by movement in a plane of the X-Y table used as the cutting table, while the optimum focusing position of the laser beam with respect to the production piece is corrected by vertical movement of the laser machining head directing the laser beam of the laser cutting machine onto the production piece.

According to an eleventh embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby a pair of columns on rails are installed along opposite sides of a fixed table used as the cutting table. A barrier-type column is fitted to the pair of railed columns across the fixed table such that it can move in a plane longitudinally or laterally. The laser machining head, which is able to move vertically, is fitted to the barrier-type column such that it can move in the opposite direction to that of the barrier-type column. The predetermined cutting line is traced by the combined effect of movement of the laser machining head and movement of the barrier-type column in a single plane.

According to a twelfth embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the laser beam is generated by a gas laser oscillator.

According to a thirteenth embodiment of the present invention, a laser cutting method is proposed whereby the laser beam is generated by a solid laser oscillator.

According to the laser cutting method of the first embodiment of the present invention, a thickness of the production piece is measured in real time, the optimum

focusing position adapted to the measured thickness is determined in real time, and the production piece is cut with a high-energy laser beam while the strength of the laser is corrected in real time in accordance with the focusing position and cutting speed.

5 In the laser cutting method of the second embodiment of the present invention, the laser strength required to oscillate a laser beam capable of cutting the production piece is minimized.

In the laser cutting method of the third embodiment of the present invention, the production piece is installed on the cutting table, then a thickness of the production piece is measured.

10 In the laser cutting method of the fourth embodiment of the present invention, a thickness of the production piece is measured only in the absence of an element liable to prevent the measurement between the production piece and the thickness sensor.

15 In the laser cutting method of the fifth embodiment of the present invention, a thickness of the production piece is measured accurately without damaging the production piece.

In the laser cutting method of the sixth embodiment of the present invention, the profiling device measures a slight variation in the thickness of one section of the production piece during the cutting process, and the measured thickness of the production piece is corrected in real time immediately prior to cutting.

20 In the laser cutting method of the seventh embodiment of the present invention, a slight variation in the thickness of a section of the production piece is measured accurately only in the absence of an element liable to prevent the measurement between the production piece and the thickness sensor, and the measured thickness of the production piece is corrected in real time immediately prior to cutting.

25 In the laser cutting method of the eighth embodiment of the present invention, a slight variation in the thickness of a section of the production piece is accurately mea-

sured without damaging the production piece and the measured thickness of the production piece is corrected in real time immediately prior to cutting.

In the laser cutting method of the ninth embodiment of the present invention, longitudinal and lateral movement of the laser beam in a plane with respect to the production piece is effected by the X-Y table.

In the laser cutting method of the tenth embodiment of the present invention, horizontal movement of the laser beam in a plane with respect to the production piece is effected by the X-Y table, and the optimum focusing position of the laser beam with respect to the production piece is obtained by vertical movement of the laser machining head.

In the laser cutting method of the eleventh embodiment of the present invention, the barrier-type column moves in one direction and the laser machining head moves in another direction, perpendicular to the direction of movement of the barrier-type column. Horizontal movement of the laser beam in a plane with respect to the production piece is obtained by the combined effect of movement of the barrier-type column in one direction and movement of the laser machining head in the other, and the optimum focusing position of the laser beam with respect to the production piece is obtained by vertical movement of the laser machining head.

In the laser cutting method of the twelfth embodiment of the present invention, a gas laser generates a continuous-wave or pulsed laser beam to cut the production piece.

In the laser cutting method of the thirteenth embodiment of the present invention, a solid laser generates a continuous-wave or pulsed laser beam to cut the production piece.

The above-mentioned aims, characteristics and advantages of the invention, and others, will become clearer by reading the description that follows with reference to the enclosed diagrams.

### Brief description of diagrams

Fig. 1. is a layout diagram of a laser cutting machine used in the laser cutting method of the first embodiment of the present invention.

5

Fig. 2. is a projection of the profiling device of the laser cutting machine used with the laser cutting method of the first embodiment.

10 Fig. 3. is a graphic representation of an evaluation of the cutting quality of a fabricating

plate cut with the laser cutting method of the first embodiment.

Fig. 4. is a graphic representation of the distribution of laser beam intensity in the first embodiment.

15 Fig. 5. is a diagram showing the relation between focusing position and laser strength with respect to plate thickness in the first embodiment.

Fig. 6. is a projection illustrating how the cutting table and laser machining head used in the laser cutting method of the second embodiment of the present invention move longitudinally and laterally and in a plane.

20

Fig. 7. is a layout diagram of a laser cutting machine used in the laser cutting method according to the prior art.

25 Fig. 8. is a graphic representation of an evaluation of the cutting quality of a fabricating plate cut with the laser cutting method according to the state of the art.

## Description of preferred embodiment

### Embodiment 1

With reference to figures 1 to 5, in which the reference codes used throughout  
5 indicate the corresponding elements, the laser cutting method of the preferred embodiment  
is described as follows.

In Fig. 1 a laser cutting machine used in the laser cutting method of the embodiment  
of the present invention first transmits to the system control panel 17 data comprising  
position data and also a thickness data = optimum focusing position plan, which  
10 determines the relation between the thickness and the optimum focusing position (distance)  
required by the system in order to trace a cutting line; it installs the workpiece 5  
on the X-Y table 6 and secures it in a predetermined position; it cools the inside of a  
laser oscillator 7 such as a CO<sub>2</sub> laser, the fully reflecting mirror 8, the partially reflecting  
mirror 9, the inside of the phototube 10, the curved mirror 11, the condenser lens  
15 2 and the laser machining head 12 by means of the cooling unit 16; it transmits thickness  
data from the system control panel 17 to the service panel 14; it supplies electrical  
current based on thickness data from the service panel 14 to the laser oscillator 7; it  
instructs the laser oscillator 7 to generate laser light; it converts light from the laser into  
a high-energy laser beam 1 through repeated reflections between the fully reflecting  
20 mirror 8 and the partially reflecting mirror 9; it propagates the laser beam 1 from the  
laser oscillator 7 towards the curved mirror 11; it modifies the direction of the laser  
beam 1 with the curved mirror 11 and directs it thus onto the production piece 5; it  
condenses the laser beam 1 with the condenser lens 2 and, simultaneously, radiates the  
condensed laser beam 1 onto the production piece 5 to form a high-energy ray; it ejects  
25 the added gas 3 such as N<sub>2</sub> from the added-gas nozzle 4 onto the periphery of the light  
spot radiated onto the production piece 5 while the system control panel 17 transmits

speed data based on position and thickness data to the regulation unit of the X-Y table 6, which moves the X-Y table 6 longitudinally and laterally in a single plane by regulating its position and speed. As a result of movement of the X-Y table 6, the production piece 5 is displaced in this plane longitudinally and laterally with respect to the light spot of the laser beam in order to trace a cutting line. Consequently, a predetermined section of the production piece 5 is cut by the high energy of the laser beam 1. While it is being cut, the added gas 3 cools the periphery of the cut section of the production piece 5 and evacuates decomposition gas generated by the production piece 5.

The laser machining head 12 described above is attached to the lower end of a vertical tubular section of the phototube 10 such that it can move vertically, sealing the phototube 10 to maintain a level of vacuum and added gas inside. This laser machining head 12 contains a head drive mechanism not shown in the diagram which serves to move the head vertically. Although not shown in the diagram, part of this drive mechanism extends to an upper outside section of the phototube 10 and another part is connected electrically to the system control panel 17 by a cable in order to transmit focusing position data to the system control panel 17.

Reference number 18 represents a thickness sensor installed on a part of the X-Y table where the production piece 5 is not secured. This thickness sensor 18 measures a thickness of the production piece 5 according to instructions from the system control panel 17 and transmits an electrical signal corresponding to the measured thickness to the system control panel 17 in the form of thickness data.

The system control panel 17 collates thickness data from the thickness sensor 18 with the thickness data - optimum focusing position plan, extracts the optimum focusing position from the thickness data - optimum focusing position plan and transmits an electrical signal corresponding to the optimum focusing position to the head drive mechanism (not illustrated), in the form of optimum focusing position data. In this way,

the head drive mechanism, not illustrated, moves the laser machining head 12 vertically according to the optimum focusing position datum transmitted by the system control panel 17. Consequently, the lens 2 is displaced vertically with the laser machining head 12 described above such that the focusing position 19 of the laser beam 1 is set to the optimum position with respect to the production piece 5. In other words, immediately before cutting starts, the focusing position of the laser beam 1 is set to the optimum position according to the thickness of each production piece 5 by the vertical displacement of the lens 2 on the basis of measurements transmitted by the thickness sensor 18.

Reference number 20 represents a profiling device installed on the side of the laser machining head 12. This profiling device 20 comprises a profiling sensor 21 which extends towards the X-Y table 6. A downward vertical spring force is exerted on the profiling sensor 21 inside the profiling device 20. The end section of the profiling sensor 21 is shaped like a flat ring so as to be able to mask the periphery of the laser beam 1 radiated onto the production piece 5 as shown in Fig. 2., and the bottom of the ring is brought into contact with the surface of the production piece 5 as a result of the downward force exerted on the profiling sensor 21. Thus, the profiling device 20 measures slight variations (differences) in the thickness of an area to be cut on a production piece 5 while cutting of the piece is in progress according to vertical movements of the profiling sensor 21 and in accordance with measuring instructions transmitted by the system control panel 17. The profiling device 20 transmits an electrical signal corresponding to the difference in the measured thickness to the system control panel 17 in the form of profiling data.

The system control panel 17 calculates a correction level based on the profiling data from the profiling device 20 and transmits an electrical signal corresponding to the correction level to the head drive mechanism, not illustrated, in the form of correction data. Thus, the head drive mechanism adjusts and moves the laser machining head 12

vertically according to the correction data transmitted by the system control panel 17. Consequently, the lens 2 is adjusted and moved vertically with the laser machining head 12, as a result of which the optimum focusing position 19 of the laser beam 1, adjusted according to measurements from the thickness sensor 18, is corrected in real time 5 according to differences in the thickness of a section of the production piece during the cutting process.

In this way, even if during the cutting process the actual thickness of a section to be cut is greater or less than the measured thickness, the laser beam 1 is radiated onto the production piece 5 installed on the X-Y table 6 so as to cut the production piece 5 i 10 according to a predetermined cutting trajectory while it is held in the optimum focusing position 19 with respect to the production piece 5.

Fig. 3. shows the results of an evaluation of the cutting quality of a cut section of 6.4 mm fabricating plate used as the production piece 5, based on the relation between cutting speed and laser strength. In this figure, zones A, B, C and D are the same as 15 those in Fig. 8. Part of zone C where no carbide is produced on the cut section, indicated by diagonal lines, represents the area in which optimum conditions are present, and a thick line inside this area also shows optimum conditions where thermal damage to the cut section is minimal when the focusing position 19 is set to the optimum position, in this embodiment.

20 In conclusion, when a material possessing electrical insulation properties such as the fabricating plate in this embodiment needs to be cut, a far more stable cutting quality can be obtained by regulating the focusing position 19 according to the thickness of the production piece 5, in addition to cutting speed and laser strength.

Fig. 4. shows the intensity distribution of the laser beam 1 for a single mode in 25 the laser cutting method described above. The figure clearly shows that the intensity distribution of the laser beam 1 is sharper in the focusing position 19 (cross-section B-B

of Fig. 4), is deformed in a position below the focusing position 19 (cross-section C-C of Fig. 4) and is also deformed in a position above the focusing position 19 (cross-section A-A in Fig. 4), albeit less than in the position below the focusing position 19.

Fig. 5. indicates laser strengths with which it is possible to cut 1.6 mm, 3.2 mm and 6.4 mm fabricating plates used as the production piece 5, by modifying the focusing position 19 of the laser beams with respect to the production piece 5 and at a fixed cutting speed of, for example, 10 metres per minute. In the figure, the focusing position 19 located on the surface of the production piece 5 is expressed as  $\pm 0$  mm, the focusing position 19 located above the surface as + (plus) mm, and the focusing position 19 below the surface (inside the thickness) as - (minus) mm. It can be seen from the figure that the laser strengths required to cut a production piece (5) of the same thickness are not the same when the focusing position 19 is different. For example, in the case of a 1.6 mm fabricating plate and a 3.2 mm fabricating plate, if the focusing position 19 is located at a position 1.0 mm below the surface of the plate, and if in the case of a 6.4 mm fabricating plate the focusing position 19 is located at a position 2.0 mm below the surface of the plate, these plates can be cut with minimal laser strength. In other words, because the laser cutting method is a cutting method which uses thermal energy, the production piece 5 may be cut with minimal power and thermal damage can be avoided by setting the focusing position 19 of the laser beam 1 to the optimum position in relation to the production piece 5 with respect to a thickness of the production piece 5 and through the optimum use of all of the energy projected onto a section to be cut in order to cut this section.

In other words, in Embodiment 1, a thickness of the production piece 5 is measured by the thickness sensor 18 prior to cutting; the measured thickness is transmitted to the system control panel 17; the laser machining head 12 is displaced vertically, and the focusing position 19 of the laser beam 1 is set to the optimum position with

respect to the production piece 5. During the cutting process, the level of variation of the thickness of a section of the production piece is measured by the profiling device 20; the level of variation in relation to the measured thickness is transmitted to the system control panel 17; the laser machining head 12 is displaced vertically according to the level of variation and, while the focusing position 19 fixed in the optimum position is maintained, minimal laser strength is selected according to the optimum focusing position and cutting speed in order to cut the production piece, thus making it possible to cut the production piece 5 with minimal power and prevent thermal damage to the production piece 5.

10

## Embodiment 2

In Embodiment 1 described above, the speed of the X-Y table on which the production piece 5 is installed, the longitudinal and lateral movement of which is regulated in a single plane by the system control panel 17, was described with reference to the drawings. As shown in Fig. 6, the cutting table on which the production piece 5 is installed may be a fixed table 22. In this case, a pair of columns with rails 23, 24 are placed on opposite sides of the fixed table 22 along the sides of the table, and a barrier-type column 25 is fitted to the pair of railed columns 23, 24 across the fixed table 22 so that it can move horizontally (X). The laser oscillator 7 (see Fig. 1) incorporating the fully reflecting mirror 8 (see Fig. 1) described above and the partially reflecting mirror 9 (see Fig. 1), the phototube (10) (see Fig. 1) incorporating the curved mirror 11 (see Fig. 1), and the laser machining head 12 fixed to the phototube 10, which can be moved vertically, are attached to the upper section of the barrier-type column 25 such that they can move in a direction (Y) perpendicular to the direction of movement of the barrier-type column 25 described above. The longitudinal and lateral position and speed of the laser oscillator 7, of the laser machining head 12, including the phototube 10, and of the

barrier-type column 25 are regulated by the system control panel 17. The combination of movement in direction X of the barrier-type column 25 and movement in direction Y of the laser machining head 12 determines the position of the laser beam 1 at a predetermined position of the fixed table 22 such that the laser beam 1 can trace a predetermined cutting trajectory on the production piece installed on the fixed table 22.

### **Embodiment 3**

In the above embodiments, fabricating plates are cut with a continuous wave CO<sub>2</sub> laser. A YAG laser, Argon laser or continuous-wave or pulsed excimer laser, may be used as the laser source 1 instead of the CO<sub>2</sub> laser. In addition, the production piece 5 is not restricted to a fabricating plate, and any material which can be cut by means of a laser beam may be used.

### **Embodiment 4**

In the above embodiments, the thickness sensor 18 and profiling sensor 21 are of the contact type, however these sensors may be of the non-contact type such as a reflective optical sensor.

As described in the preceding pages, according to the first embodiment of the invention, given that a thickness of the production piece is measured, that the optimum focusing position adapted to the measured thickness is determined, and that the production piece is cut with the laser beam whilst correcting the laser strength according to the focusing position and cutting speed, high-quality cutting with little thermal damage such as burning may be achieved by using the power of the laser beam to cut the production piece efficiently. In addition, according to the first embodiment, given that laser strength is corrected according to the optimum focusing position and cutting speed appropriate

to the measured thickness of the production piece, it is possible to reduce laser strength to the minimum required to cut the production piece in order to save energy.

According to the second embodiment of the invention, given that the optimum focusing position of the laser beam with respect to the production piece remains within the limits of a thickness of the production piece, the laser strength required to oscillate the laser beam with which the part is cut is minimized, thus allowing still further energy savings.

According to the third embodiment of the invention, given that a thickness of the production piece is measured by a thickness sensor once the production piece is installed on the cutting table, the operator does not need to use a gauge to measure the thickness, thus facilitating the measuring task. In addition, according to the third embodiment, given that the thickness sensor is installed on a part of the cutting table where the production piece is not installed, the thickness sensor does not cause an obstruction when installing the production piece on the cutting table.

According to the fourth embodiment of the invention, given that the thickness sensor only measures a thickness of the production piece accurately when no elements prevent the measurement between the production piece and the thickness sensor in contact with the production piece, greater reliability of thickness measurements is obtained as a result.

According to the fifth embodiment of the invention, given that the thickness sensor measures a thickness of the production piece accurately without coming into contact with the production piece, the thickness sensor does not damage the production piece, thus ensuring reliable cutting quality of the production piece.

According to the sixth embodiment of the invention, given that the profiling device measures slight variations in the thickness of a section of the production piece during the cutting process and corrects the measured thickness of the production piece

in real time immediately prior to cutting, a program stored in a regulation unit is simpler than calculation of the level of correction by the regulation unit, and calculations by the regulation unit can be speeded up.

5 According to the seventh embodiment of the invention, given that the profiling device only measures slight variations in the thickness of a section of the production piece accurately when no elements prevent the measurement between the profiling device in contact with the production piece and the production piece, and corrects the measured thickness of the production piece in real time immediately prior to cutting, reliability of measured variations is increased.

10 According to the eighth embodiment of the invention, given that the profiling device measures slight variations in the thickness of a section of the production piece accurately without coming into contact with the production piece, and corrects the measured thickness of the production piece in real time immediately prior to cutting, the profiling device does not damage the production piece, thus ensuring reliable cutting 15 quality of the production piece.

According to the ninth embodiment of the invention, given that longitudinal and lateral movements of the laser beam in a plane with respect to the production piece are made by the X-Y table, cutting is assured by a combination of vertical and horizontal movements.

20 According to the tenth embodiment of the invention, given that longitudinal and lateral movements of the laser beam in a plane with respect to the production piece are made by the X-Y table and that the optimum focusing position of the laser beam with respect to the production piece is obtained by the vertical displacement of the laser machining head, cutting is assured by a combination of vertical and horizontal movements. 25

According to the eleventh embodiment of the invention, the barrier column is

5 moved in one direction and the laser machining head in another, perpendicular to the direction of movement of the barrier column. Given that the longitudinal and lateral movements of the laser beam in a plane with respect to the production piece are obtained by movement of the barrier column in one direction and by movement of the laser machining head in another direction, and that the optimum focusing position of the laser beam with respect to the production piece is obtained by vertical movement of the laser machining head, cutting is assured by a combination of vertical and horizontal movements.

10 According to the twelfth embodiment of the invention, given that the production piece is cut with a laser beam from a gas laser, continuous propagation of the laser beam is facilitated, consistency of the laser beam is excellent, and reliability of the cutting quality of the production piece can be assured.

According to the thirteenth embodiment of the invention, given that the production piece is cut with a laser beam from a solid laser, high strength can easily be obtained with a small laser and reliability of the cutting quality of the production piece can be assured.

## CLAIMS

1. Laser cutting method whereby a production piece is installed and positioned on the cutting table of a laser cutting machine, the beam of a laser ray from a laser oscillator on the laser cutting machine is directed onto the production piece in accordance with instructions transmitted by a regulation unit of the laser cutting machine, and the production piece is cut by the thermal energy of the beam while the cutting table is moved with respect to the laser ray in a single plane in order to trace a predetermined cutting trajectory, comprising the following steps:
  - 10 transmission of a measured thickness of the production piece to the regulation unit,
  - 15 adjustment and correction in the regulation unit of the optimum focusing position of the laser beam according to the measured thickness,
  - 20 adjustment of cutting speed according to measured thickness in the regulation unit, and
  - 25 adjustment of laser strength in the laser oscillator according to the measured thickness.
2. Laser cutting method according to claim 1, whereby the optimum focusing position remains within the limits of the thickness of the production piece.
3. Laser cutting method according to claim 1, whereby a thickness of the production piece is measured by a thickness sensor placed on a part of the cutting table where the production piece is not installed.

4. Laser cutting method according to claim 3, whereby the thickness of the production piece installed on the cutting table is measured by contact with the surface of the production piece.
5. Laser cutting method according to claim 3, whereby a thickness of the production piece installed on the cutting table is measured without contact with the surface of the production piece.
6. Laser cutting method according to claim 1, whereby a profiling device, attached to a phototube which supports the laser machining head propagating the laser beam from the laser cutting machine onto the production piece and enables the beam to move vertically, measures a slight variation in the thickness of a section of the production piece by means of a profiling sensor during the cutting process and transmits the measured level of variation to the regulation unit, then the regulation unit calculates the level of correction according to the measured level of variation received from the regulation unit and slightly moves the laser machining head vertically in order to correct the optimum focusing position of the laser ray with respect to the production piece.
7. Laser cutting method according to claim 6, whereby the profiling device measures a thickness of the production piece installed on the cutting table by contact with the surface of a section of the production piece in proximity to a section irradiated by the laser ray.
8. Laser cutting method according to claim 6, whereby the profiling device measures a thickness of the production piece installed on the cutting table without contact with the surface of the production piece.

9. Laser cutting method according to claim 1, whereby the cutting table is an X-Y table which moves longitudinally and laterally in a plane, and the cutting table is moved with respect to the laser ray in the plane by displacement of the X-Y table in order to trace the predetermined cutting trajectory.

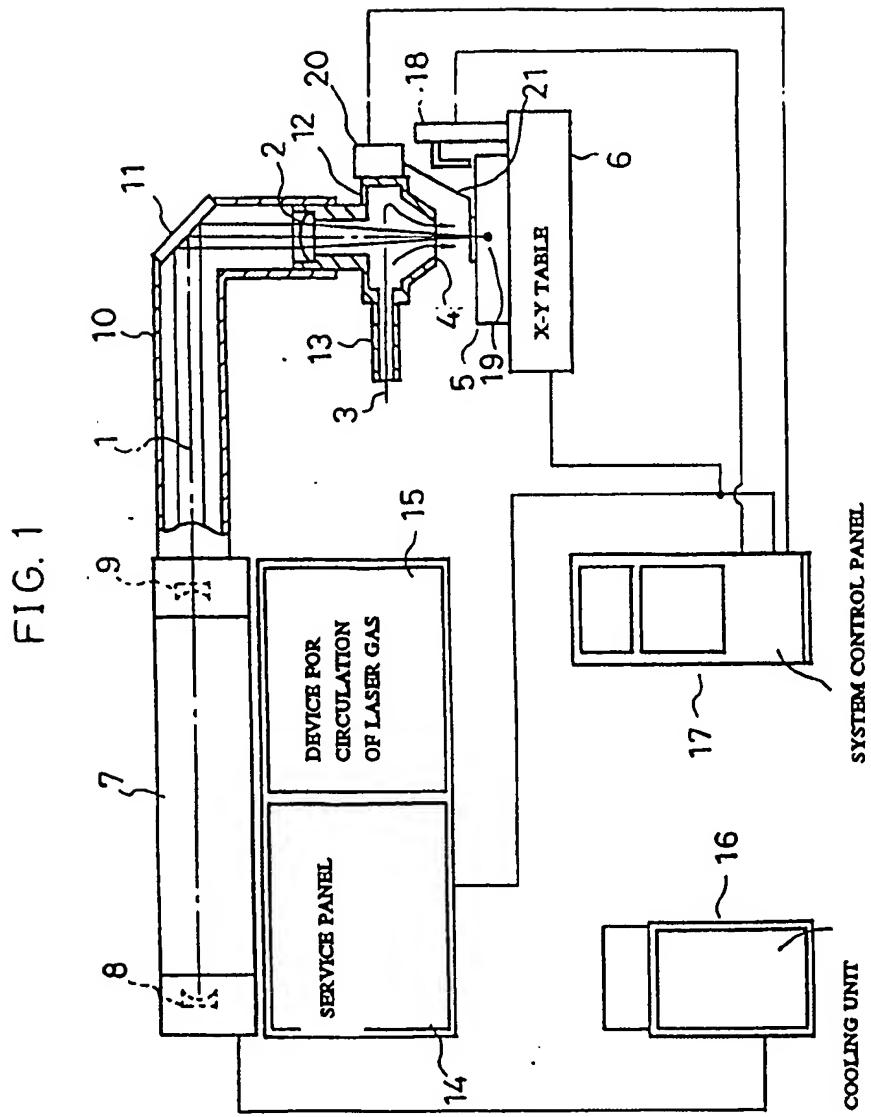
5

10. Laser cutting method according to claim 1, whereby the predetermined cutting trajectory is traced by the movement in this plane of the X-Y table used as the cutting table, while the optimum focusing position of the laser beam with respect to the production piece is corrected by the vertical movement of the laser machining head to direct the concentrated beam of the laser ray from the laser cutting machine onto the production piece.

15. 11. Laser cutting method according to claim 1, whereby a pair of columns with rails are installed along opposite sides of a fixed table used as the cutting table; a barrier-type column is fitted to the pair of railed columns across the fixed table such that it can move in a plane both longitudinally and laterally; the laser machining head, which can move vertically, is installed on the barrier-type column such that it can move in another direction perpendicular to the travel of the barrier-type column, and the predetermined cutting trajectory is traced by the combined effect of movement of the laser machining head and movement of the barrier-type column in a single plane.

20. 12. Laser cutting method according to claim 1, characterized in that the laser ray is generated by a gas laser.

25. 13. Laser cutting method according to claim 1, characterized in that the laser ray is generated by a solid laser.



2698302

2/8

FIG. 2

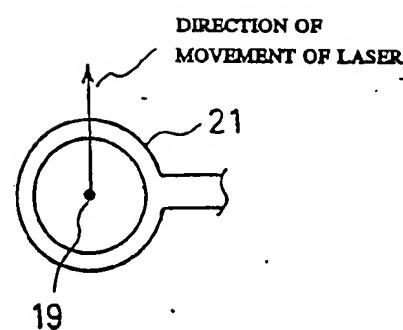


FIG. 3

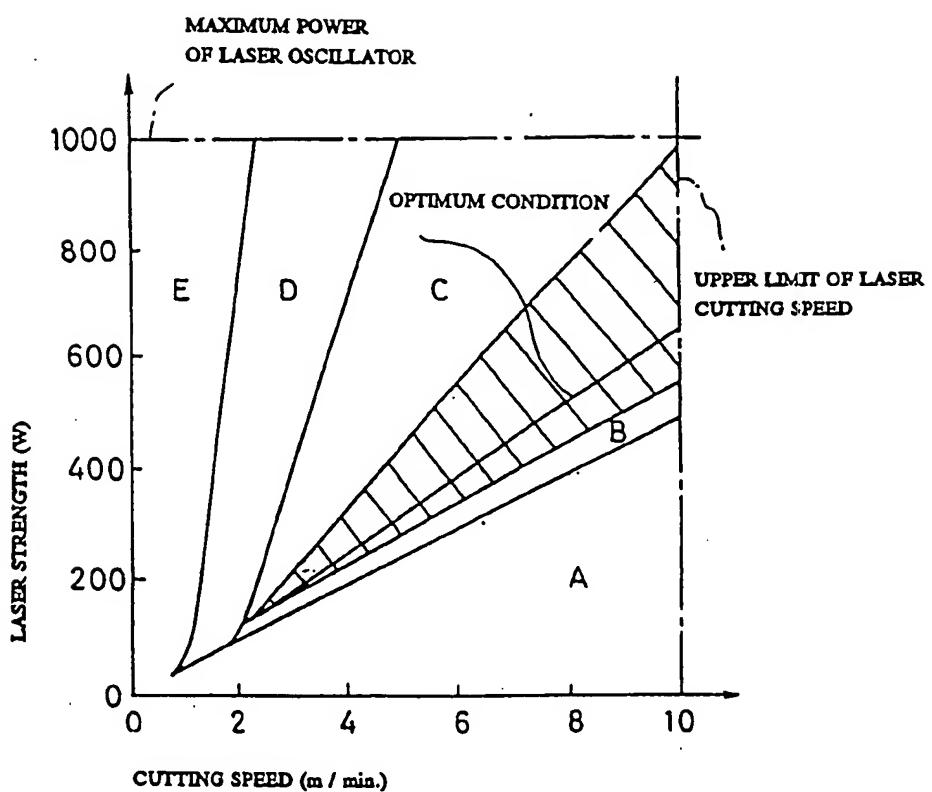


FIG. 4

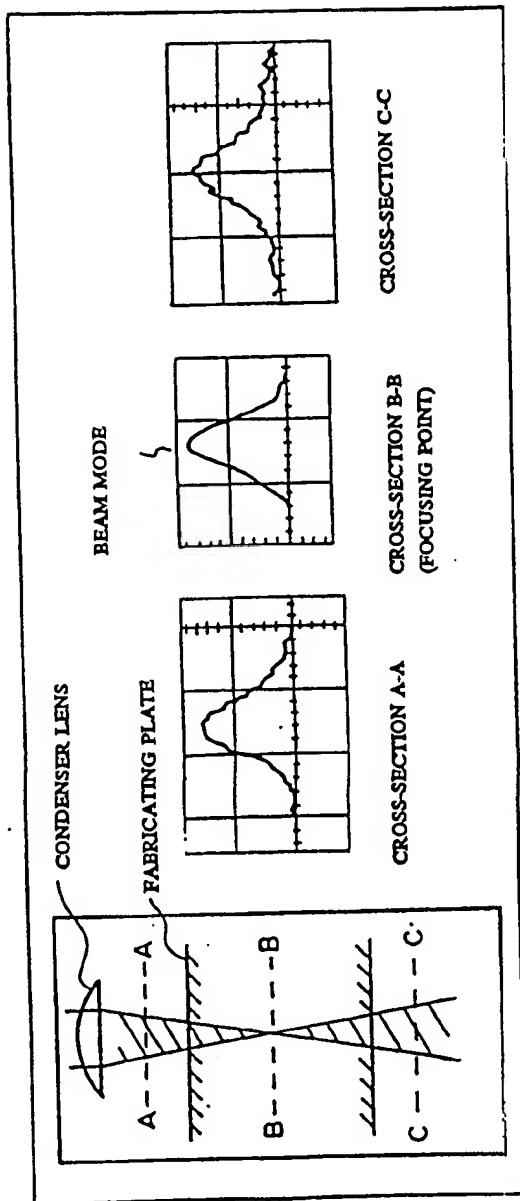
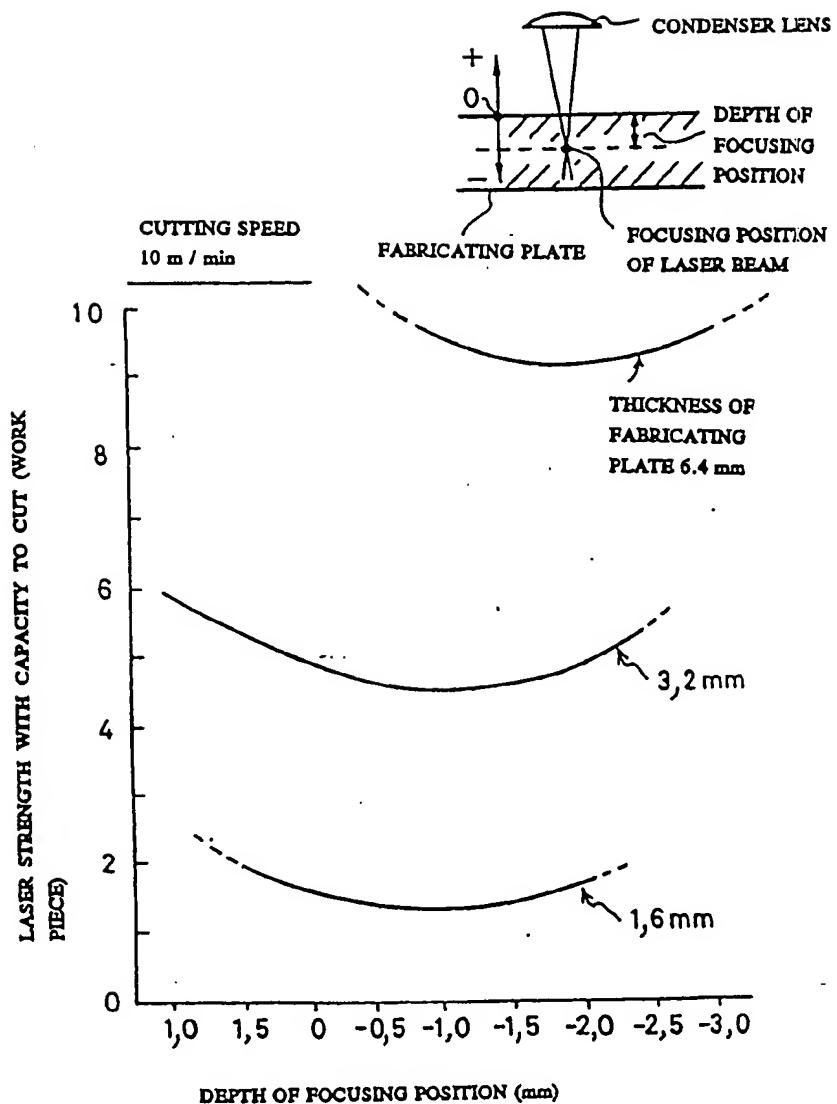


FIG. 5



2698302

6/8

FIG. 6

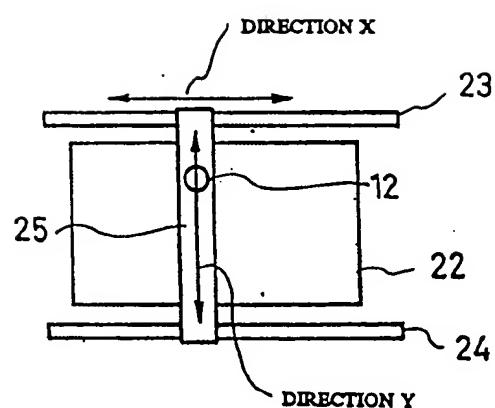


FIG. 7 STATE OF THE ART

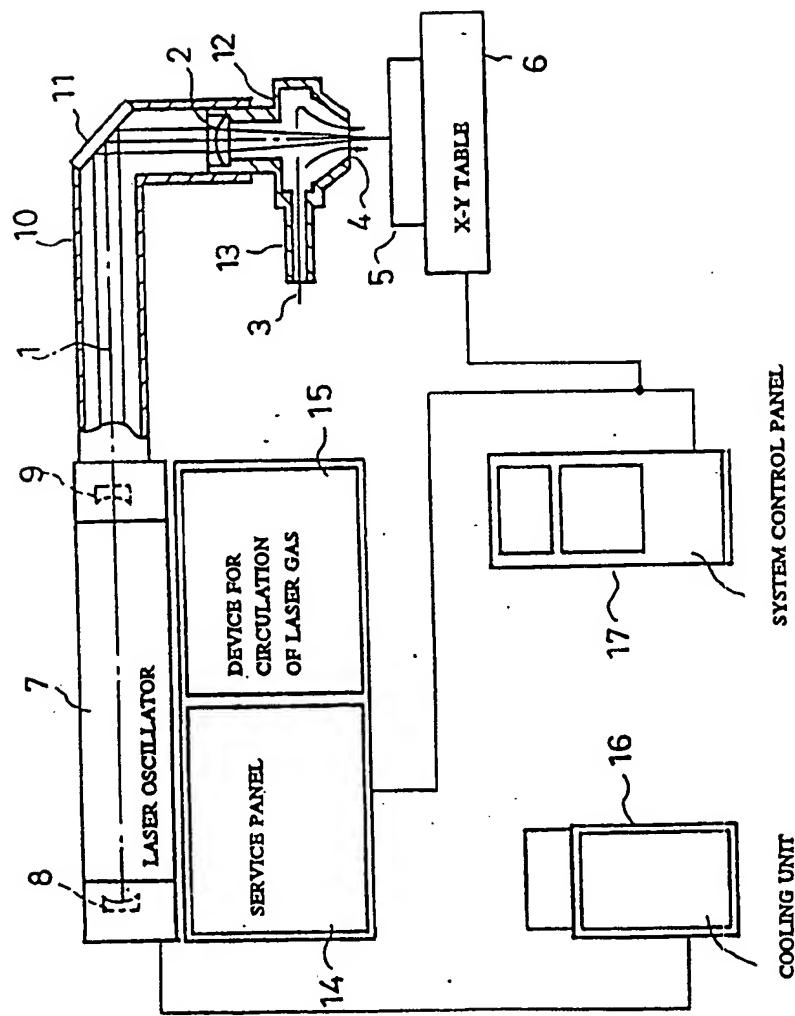
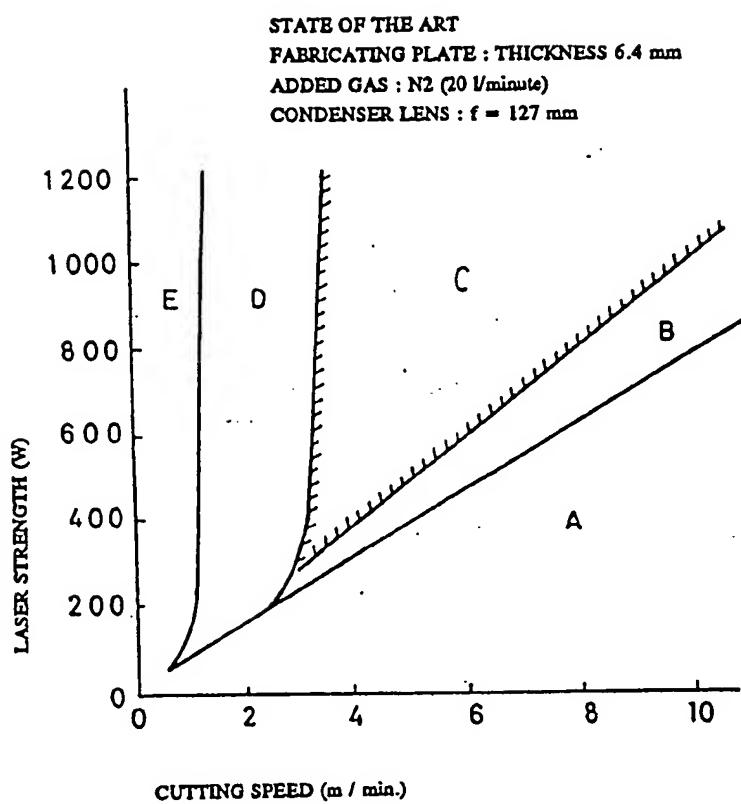


FIG. 8 ETAT DE LA TECHNIQUE



(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 698 302

(21) N° d'enregistrement national :  
93 14110

(51) Int Cl<sup>6</sup> : B 23 K 26/00 , 26/08

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 25.11.93.

(71) Demandeur(s) : MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI  
KAISHA — JP.

(30) Priorité : 25.11.92 JP 33978492.

(72) Inventeur(s) : Yasuji Yoshizumu et Akihiro Inoue.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 27.05.94 Bulletin 94/21.

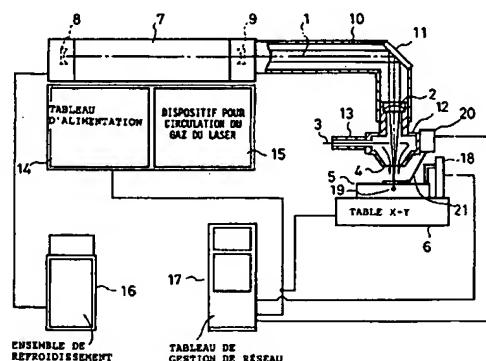
(73) Titulaire(s) :

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.

(74) Mandataire : Société de Protection des Inventions.

(54) Méthode de découpage par laser.

(57) Une épaisseur de la pièce à usiner (5) installée sur  
une table (6) est mesurée. La position de focalisation (19)  
d'un faisceau laser (1), la vitesse de découpage et la puissance  
laser optimales sont fixées par l'unité (17) en conformité  
avec cette épaisseur. L'unité (17) délivre également  
des instructions pour activer le laser (7) et pour déplacer la  
table (6) suivant une trajectoire prédéterminée.



FR 2 698 302 - A1



## MÉTHODE DE DÉCOUPAGE PAR LASER

## [Domaine de l'invention]

La présente invention concerne une méthode de 5 découpage d'une pièce à usiner avec un faisceau laser sans provoquer des dégâts thermiques tels que des brûlures.

## [Description de l'état de la technique]

La Fig. 7 représente un schéma d'ensemble d'une 10 machine découpeuse à laser selon l'état de la technique tel qu'il apparaît dans la Demande de Brevet Japonaise N° 62-240184. Sur la figure, la référence numéro 1 représente un faisceau laser, la 2 un objectif condenseur disposé à l'intérieur d'une tête d'usinage 15 par laser 12 laquelle sera décrite ultérieurement, la 3 un gaz d'appoint tel que du gaz N<sub>2</sub>, la 4 une tuyère à gaz d'appoint fonctionnant comme une tuyère à travers laquelle est transmise un faisceau laser en provenance de la tête d'usinage par laser 12, la 5 une pièce à 20 usiner telle qu'une plaque isolante utilisée dans des appareils électriques, la 6 une table X-Y pour fixer une pièce à usiner, la 7 un oscillateur à laser tel qu'un laser à CO<sub>2</sub>, la 8 représente un miroir à réflexion totale incorporé dans l'oscillateur à laser 7, la 9 un 25 miroir à réflexion partielle incorporé dans l'oscillateur 7, la 10 un phototube fixé sur l'oscillateur à laser 7, la 11 un miroir courbé disposé dans un coin où les parties tubulaires horizontale et verticale du phototube 10 sont reliées 30 perpendiculairement, la 12 une tête d'usinage par laser creuse fixée à l'extrémité inférieure de la partie tubulaire verticale du phototube 10, la 13 un récipient à gaz pour recevoir l'approvisionnement en gaz d'appoint, lequel dépasse du côté de la tête d'usinage 35 par laser 12, la 14 un tableau d'alimentation, la 15 un dispositif pour circulation du gaz du laser, la 16 un

ensemble de refroidissement, et la 17 un tableau de gestion de réseau constituant une unité de commande.

Une description d'une méthode de découpage par laser utilisant la machine découpeuse à laser décrite ci-dessus est fournie par la suite. En préparation pour le découpage, les données requises pour la gestion de réseau telles que les données d'épaisseur se rapportant à l'épaisseur de la pièce à usiner et les données de position se rapportant à une ligne de découpage sur la pièce à usiner 5 sont d'abord enregistrées dans le tableau de gestion de réseau 17, et ensuite le tableau de gestion de réseau 17 est activé. Le démarrage du tableau de gestion de réseau 17 active également un ensemble de pompe à vide qui n'apparaît pas dans le schéma et qui à son tour génère un niveau de vide prédéterminé à l'intérieur de l'oscillateur à laser 7 et du phototube 10. Ensuite, le tableau de gestion de réseau 17 active le dispositif pour circulation du gaz du laser 15, lequel à son tour remplit l'oscillateur à laser 7 et le phototube 10 d'un gaz à laser tel que du CO<sub>2</sub> afin de créer un milieu interne de gaz à laser de basse pression prédéterminée. Simultanément à l'activation du tableau de gestion de réseau 17, l'ensemble de refroidissement 16 est activé afin de refroidir l'intérieur de l'oscillateur à laser, le miroir à réflexion totale 8, le miroir à réflexion partielle 9, l'intérieur du phototube 10, le miroir courbé 11, l'objectif condenseur 2 et la tête d'usinage par laser 12. Ensuite, la pièce à usiner 5 est positionnée et fixée sur la table X-Y 6 dans une position prédéterminée.

Lorsque, suite au processus de préparation décrit ci-dessus, le tableau de gestion de réseau 17 est prêt à démarrer le découpage, le tableau de gestion de réseau 17 transmet des données d'épaisseur au tableau d'alimentation 14 lequel à son tour alimente

l'oscillateur à laser 7 avec une puissance basée sur les données d'épaisseur afin d'activer ce dernier. La lumière laser générée par l'oscillateur à laser 7 se transforme en un faisceau laser 1 en augmentant son énergie à travers une répétition de réflexions entre le miroir à réflexion totale 8 et le miroir à réflexion partielle 9. Le faisceau laser 1 est rayonné de l'oscillateur à laser 7 vers le miroir courbé 11 par l'intermédiaire du miroir à réflexion partielle 9. Ce faisceau laser rayonné 1 est réfléchi par le miroir courbé 11 et ainsi dirigé vers la pièce à usiner 5. Ce faisceau laser réfléchi 1 est condensé par l'objectif condenseur 2 et rayonné sur la pièce à usiner en tant que rayon lumineux à haute énergie. Parallèlement, un gaz d'appoint (fourni par l'ensemble à gaz d'appoint comprenant un cylindre à gaz d'appoint, une vanne d'arrêt et un tuyau qui n'apparaissent pas dans le schéma) est projeté de la tuyère à gaz d'appoint 4 vers la périphérie du rayon lumineux rayonné sur la pièce à usiner 5. Lorsque le fonctionnement de l'oscillateur à laser 7 atteint un régime normal, le tableau de gestion de réseau 17 transmet des données de vitesse basées sur les données de position et d'épaisseur à une unité de pilotage afin de commander la table X-Y 6, laquelle à son tour se déplace longitudinalement ainsi que latéralement sur un seul plan tandis que sa position et sa vitesse sont contrôlées. La pièce à usiner 5 est déplacée sur ce plan longitudinalement et latéralement par rapport au rayon lumineux du faisceau laser 1 par le déplacement de la table X-Y 6 afin de tracer une ligne de découpage prédéterminée. En conséquence, une partie prédéterminée de la pièce à usiner 5 est découpée par l'énergie élevée du rayon lumineux du faisceau laser 1. Au moment du découpage, le gaz d'appoint 3 refroidit la périphérie de la partie découpée de la pièce à usiner 5

pendant qu'il chasse un gaz de décomposition produit à partir de la pièce à usiner 5.

Avec une telle méthode de découpage par laser, la vitesse de découpage est déterminée par les données de 5 vitesse basées sur les données d'épaisseur issues du tableau de gestion de réseau 17, et la puissance du laser est déterminée par une alimentation électrique basée sur les données d'épaisseur issues de l'oscillateur à laser 7. La combinaison entre une 10 vitesse de découpage et une puissance du laser détermine la qualité d'une surface découpée sur la pièce à usiner 5, ce qui sera expliqué ci-après, en référence à la Fig. 8. La Fig. 8 montre les résultats de l'évaluation de la qualité d'une surface découpée sur une plaque à estamper 15 d'une épaisseur de 6,4 mm comme pièce à usiner 5, obtenus en observant le rapport entre la vitesse de découpage et la puissance du laser.

Dans la zone A de la Fig. 8, une partie non découpée demeure sur une partie inférieure de la plaque à estamper à cause d'une puissance de laser insuffisante ou d'une vitesse de découpage trop élevée. Dans la zone B, la plaque à estamper est parfaitement découpée, mais le débit du gaz d'appoint est insuffisant dans la partie inférieure d'une rainure découpée et une faible quantité 20 de carbure est générée sur une surface découpée. Dans la zone C, une surface découpée de haute qualité est obtenue sans que du carbure soit produit. Dans la zone 25 D, étant donné que la vitesse de découpage est trop faible, une faible quantité de carbure est générée, sur la partie supérieure d'une surface découpée, par une combustion due à l'effet produit en bordure de la distribution de condensation du faisceau laser. Dans la zone E, étant donné que la vitesse de découpage est 30 beaucoup plus faible que dans la zone D et que la durée de combustion pour une partie à découper est plus 35

longue, le carbure généré sur la surface découpée est visible à l'oeil nu.

D'après la Fig. 8, on comprend que la qualité d'une surface découpée dépend de la combinaison entre la 5 puissance du laser et la vitesse de découpage et que la zone C de découpage optimal, dans laquelle du carbure n'est pas généré sur une surface découpée, est obtenue en sélectionnant la meilleure combinaison entre la puissance du laser et la vitesse de découpage.

10 Bien que cela n'apparaisse pas dans les schémas annexes, le présent déposant a découpé des plaques à estamper ayant des épaisseurs autres que 6,4 mm (1,6 mm et 3,2 mm par exemple) avec un faisceau laser et il a évalué la qualité de ces surfaces découpées. Une 15 multiplicité de zones A à E avec les mêmes tendances que celles de la fig. 8 furent produites, mais il fut vérifié qu'une combinaison entre la puissance du laser et la vitesse de découpage était affectée par l'épaisseur d'une pièce à usiner.

20 Dans la méthode de découpage par laser selon l'état de la technique décrit ci-dessus, les données d'épaisseur de la pièce à usiner 5 sont préstockées dans le tableau de gestion de réseau 17 ; le tableau de gestion de réseau 17, qui est prêt à démarrer le 25 découpage, calcule alors les données de vitesse qui correspondent à la vitesse de découpage en fonction des données d'épaisseur et transmet les données de vitesse et les données d'épaisseur au tableau d'alimentation 14. Le tableau d'alimentation 14 contrôle la puissance du 30 laser en fonction de la vitesse de découpage et de l'épaisseur (les données de vitesse et les données d'épaisseur). Cependant, de façon générale il existe des différences d'épaisseur sur toute une série de parties d'une seule pièce à usiner 5 à découper, celles-ci étant 35 générées du fait des tolérances lors de la production. Pour cette raison, si un épaisseur réelle d'une partie

de la pièce à usiner 5 à découper est supérieure ou inférieure à une épaisseur prédéterminée, une surface découpée de haute qualité ne peut pas être obtenue uniquement en contrôlant la puissance du laser en 5 fonction de la vitesse de découpage et de l'épaisseur comme dans la méthode de découpage par laser selon l'état de la technique décrit ci-dessus.

Par ailleurs, la méthode de découpage de l'article précédent entraîne le problème suivant : la puissance du 10 laser ne peut pas être déterminée à moins que les données d'épaisseur de la pièce à usiner 5 soient introduites à l'avance dans le tableau de gestion de réseau 17.

15 Résumé de l'invention

La présente invention est conçue pour résoudre les problèmes décrits ci-dessus inhérents à l'état de la technique et l'objectif de la présente invention est de fournir une méthode de découpage par laser avec laquelle 20 une surface découpée de haute qualité peut être obtenue en réglant la position optimale de focalisation d'un faisceau laser rayonné sur une pièce à usiner en fonction des variations de l'épaisseur de la pièce à usiner en temps réel, et (2) en sélectionnant la 25 meilleure combinaison entre la vitesse de découpage et la puissance du laser en temps réel.

Selon une première réalisation de la présente invention revendiquée dans la revendication 1, une méthode de découpage par laser est proposée comprenant 30 les étapes suivantes : (1) installer et positionner une pièce à usiner sur la table de montage d'une machine découpeuse à laser, (2) mesurer l'épaisseur de la pièce à usiner, (3) transmettre la mesure d'épaisseur à une unité de commande de la machine découpeuse à laser, (4) 35 régler la position optimale de focalisation d'un faisceau laser et la vitesse de découpage qui

correspondent à la mesure d'épaisseur dans l'unité de commande, (5) irradier le rayon d'un faisceau laser à partir de l'oscillateur à laser de la machine découpeuse à laser tandis que la focalisation du faisceau laser est 5 corrigée afin d'obtenir une position optimale par rapport à la pièce à usiner selon les instructions en provenance de l'unité de commande, et (6) découper la pièce à usiner avec l'énergie calorifique du rayon du laser tandis que le table de montage est déplacée par 10 rapport au faisceau laser dans un plan afin de tracer une trajectoire de découpage prédéterminée selon les instructions en provenance de l'unité de commande.

Selon une deuxième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est 15 proposée où la position optimale de focalisation du faisceau laser rayonné sur la pièce à usiner est réglée à l'intérieur de l'épaisseur de la pièce à usiner.

Selon une troisième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est 20 proposée où une épaisseur de la pièce à usiner est mesurée avec un détecteur d'épaisseur disposé sur une partie de la table de montage où la pièce à usiner n'est pas installée.

Selon une quatrième réalisation de la présente 25 invention, une méthode de découpage par laser est proposée où l'épaisseur de la pièce à usiner installée sur la table de montage est mesurée par un contact avec la surface de la pièce à usiner.

Selon une cinquième réalisation de la présente 30 invention, une méthode de découpage par laser est proposée où l'épaisseur de la pièce à usiner installée sur la table de montage est mesurée sans contact avec la surface de la pièce à usiner.

Selon une sixième réalisation de la présente 35 invention, une méthode de découpage par laser est proposée où un dispositif de copiage, fixé à un

phototube soutenant une tête d'usinage par laser pour irradier le rayon du faisceau laser de la machine découpeuse à laser de façon à ce qu'il puisse se déplacer dans un sens vertical, mesure une faible 5 variation de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner pendant le processus de découpage et transmet le niveau de variation mesurée à l'unité de commande. L'unité de commande calcule le niveau de correction en fonction du niveau de variation mesuré reçu en 10 provenance de l'unité de copiage, puis elle règle et déplace légèrement la tête d'usinage par laser dans un sens vertical afin de corriger la position optimale de focalisation du faisceau laser par rapport à la pièce à usiner.

15 Selon une septième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est proposée où le dispositif de copiage mesure une épaisseur de la pièce à usiner installée sur la table de montage en étant en contact avec la surface d'une partie 20 de la pièce à usiner à proximité d'une partie irradiée par le faisceau laser.

25 Selon une huitième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est proposée où le dispositif de copiage mesure une épaisseur de la pièce à usiner installée sur la table de montage sans être en contact avec la surface de la pièce à usiner.

30 Selon une neuvième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est proposée où la trajectoire de découpage prédéterminée citée plus haut est tracée par le déplacement sur un plan de la table X-Y en tant que table de montage.

35 Selon une dixième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est proposée où la trajectoire de découpage prédéterminée est tracée par le déplacement dans un plan de la table

X-Y en tant que table de montage, tandis que la position optimale de focalisation du faisceau laser par rapport à la pièce à usiner est corrigée par le déplacement vertical de la tête d'usinage par laser pour irradier le 5 rayon du faisceau laser de la machine découpeuse à laser sur la pièce à usiner.

Selon une onzième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est proposée où une paire de montants à rails sont installés 10 le long des côtés opposés d'une table fixe en tant que table de montage. Un montant de type barrière est installé sur la paire de montants à rails à travers la table fixe de façon à ce qu'il puisse se déplacer dans un plan, dans un sens longitudinal ou latéral. La tête 15 d'usinage par laser, qui peut se déplacer dans le sens vertical, est installée sur le montant de type barrière de façon à ce qu'elle puisse se déplacer dans un sens opposé au sens du déplacement du montant de type barrière. La ligne de découpage prédéterminée est tracée 20 par l'effet combiné du déplacement de la tête d'usinage par laser, et du déplacement du montant de type barrière, dans un même plan.

Selon une douzième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est 25 proposée où le faisceau laser est généré par un oscillateur à laser à gaz.

Selon une treizième réalisation de la présente invention, une méthode de découpage par laser est proposée où le faisceau laser est généré par un 30 oscillateur à laser solide.

Avec la méthode de découpage par laser de la première réalisation de la présente invention, une épaisseur de la pièce à usiner est mesurée en temps réel, la position optimale de focalisation adaptée à 35 l'épaisseur mesurée est déterminée en temps réel, et la pièce à usiner est découpée avec un faisceau laser à

haute énergie tandis que la puissance du laser est corrigée en temps réel et conformément à la position de focalisation et à la vitesse de découpage.

5 Avec la méthode de découpage par laser de la deuxième réalisation de la présente invention, la puissance de laser requise pour osciller le faisceau laser capable de découper la pièce à usiner est minimisée.

10 Avec la méthode de découpage par laser de la troisième réalisation de la présente invention, la pièce à usiner est installée sur la table de montage, puis une épaisseur de la pièce à usiner est mesurée.

15 Avec la méthode de découpage par laser de la quatrième réalisation de la présente invention, une épaisseur de la pièce à usiner est mesurée uniquement en l'absence, entre la pièce à usiner et le détecteur d'épaisseur, d'un élément susceptible d'empêcher la mesure.

20 Avec la méthode de découpage par laser de la cinquième réalisation de la présente invention, une épaisseur de la pièce à usiner est mesurée avec précision sans endommager la pièce à usiner.

25 Avec la méthode de découpage par laser de la sixième réalisation de la présente invention, le dispositif de copiage mesure une légère variation de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner pendant le processus de découpage, et l'épaisseur mesurée de la pièce à usiner est corrigée en temps réel immédiatement avant le découpage.

30 Avec la méthode de découpage par laser de la septième réalisation de la présente invention, une légère variation de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner est mesurée avec précision uniquement en l'absence, entre la pièce à usiner et le détecteur d'épaisseur, d'un élément susceptible d'empêcher la

mesure, et l'épaisseur mesurée de la pièce à usiner est corrigée en temps réel immédiatement avant le découpage.

5 Avec la méthode de découpage par laser de la huitième réalisation de la présente invention, une légère variation de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner est mesurée avec précision sans endommager la pièce à usiner et l'épaisseur mesurée de la pièce à usiner est corrigée en temps réel immédiatement avant le découpage.

10 Avec la méthode de découpage par laser de la neuvième réalisation de la présente invention, le déplacement longitudinal et latéral du faisceau laser dans un plan, par rapport à la pièce à usiner, est effectué par la table X-Y.

15 Avec la méthode de découpage par laser de la dixième réalisation de la présente invention, le déplacement horizontal du faisceau laser dans un plan par rapport à la pièce à usiner est effectué par la table X-Y, et la position optimale de focalisation du 20 faisceau laser par rapport à la pièce à usiner est réalisée par le déplacement vertical de la tête d'usinage par laser.

25 Avec la méthode de découpage par laser de la onzième réalisation de la présente invention, le montant de type barrière se déplace dans un sens et la tête d'usinage par laser se déplace dans un autre sens, perpendiculaire au sens de déplacement du montant de type barrière. Le déplacement horizontal du faisceau laser dans un plan par rapport à la pièce à usiner est 30 réalisé par l'effet combiné du déplacement du montant de type barrière dans un sens et du déplacement de la tête d'usinage par laser dans l'autre sens, et la position optimale de focalisation du faisceau laser par rapport à la pièce à usiner est réalisée par le déplacement 35 vertical de la tête d'usinage par laser.

Avec la méthode de découpage par laser de la douzième réalisation de la présente invention, un laser à gaz génère un faisceau laser continu ou en impulsions pour découper une pièce à usiner.

5       Avec la méthode de découpage par laser de la treizième réalisation de la présente invention, un laser solide génère un faisceau laser continu ou en impulsions pour découper une pièce à usiner.

10      Les objectifs, caractéristiques et avantages de l'invention cités ci-dessus, ainsi que d'autres, ressortiront plus clairement à la lecture de la description ci-après faite en référence aux schémas annexes.

15      Brève Description des Dessins

La Fig. 1 est un schéma d'ensemble d'une machine découpeuse à laser utilisée dans la méthode de découpage par laser de la première réalisation de la présente invention.

20      La Fig. 2 est une projection du dispositif de copiage de la machine découpeuse à laser utilisée avec la méthode de découpage par laser de la première réalisation.

25      La Fig. 3 est une représentation graphique d'une évaluation de la qualité du découpage d'une plaque à estamper découpée avec la méthode de découpage par laser de la première réalisation.

30      La Fig. 4 est une représentation graphique de la distribution de l'intensité d'un faisceau laser dans la première réalisation.

La Fig. 5 est un schéma montrant la relation entre la position de focalisation et la puissance du laser par rapport à l'épaisseur de la plaque à estamper dans la première réalisation.

35      La Fig. 6 est une projection illustrant la façon dont se déplacent dans le sens longitudinal et latéral

et sur un plan la table de montage et la tête d'usinage par laser utilisées dans la méthode de découpage par laser de la deuxième réalisation de la présente invention.

5 La Fig. 7 est un schéma d'ensemble d'une machine découpeuse à laser utilisée dans la méthode de découpage par laser selon l'art antérieur

10 La Fig. 8 est une représentation graphique d'une évaluation de la qualité du découpage d'une plaque à estamper découpée avec la méthode de découpage par laser selon l'état de la technique.

#### Description de la Réalisation Préférée

##### Réalisation 1

15 En référence aux figures 1 à 5, dans lesquelles des codes de référence utilisés partout indiquent les composants correspondants, la méthode de découpage par laser de la réalisation préférée est décrite ci-après.

20 Dans la Fig. 1, une machine découpeuse à laser utilisée dans la méthode de découpage laser de la réalisation de la présente invention transmet d'abord au tableau de gestion de réseau 17 des données comprenant les données de position, ainsi qu'un plan de données épaisseur - position optimale de focalisation, qui 25 détermine la relation entre l'épaisseur et la position optimale de focalisation (distance) requis par la gestion de réseau afin de tracer une ligne de découpage ; elle installe la pièce d'œuvre 5 sur la table X-Y 6 et la fixe dans une position prédéterminée ; elle 30 refroidit l'intérieur de l'oscillateur à laser 7 tel qu'un laser à CO<sub>2</sub>, le miroir à réflexion totale 8, le miroir à réflexion partielle 9, l'intérieur du phototube 10, le miroir courbé 11, l'objectif condenseur 2 et la tête d'usinage par laser 12, par l'intermédiaire de 35 l'ensemble de refroidissement 16 ; elle transmet des données d'épaisseur issues du tableau de gestion de

réseau 17 au tableau d'alimentation 14 ; elle fournit une alimentation électrique basée sur les données d'épaisseur en provenance du tableau d'alimentation 14 à l'oscillateur à laser 7 ; elle commande à l'oscillateur 5 à laser 7 d'engendrer de la lumière laser ; elle transforme la lumière laser en un faisceau laser 1 à haute énergie à travers une répétition de réflexions entre le miroir à réflexion totale 8 et le miroir à réflexion partielle 9 ; elle irradie le faisceau laser 1 10 de l'oscillateur à laser 7 vers le miroir courbé 11 ; elle modifie la direction du faisceau laser 1 avec le miroir courbé 11 et le dirige ainsi vers la pièce à usiner 5 ; elle condense le faisceau laser 1 avec la lentille de condensation 2 et, simultanément, elle 15 irradie le faisceau laser condensé 1 sur la pièce à usiner 5, pour former un rayon à haute énergie. ; elle éjecte le gaz d'appoint 3 tel du gaz N<sub>2</sub> de la tuyère à gaz d'appoint 4 vers la périphérie de la tache lumineuse rayonnée sur la pièce à usiner 5, tandis que le tableau 20 de gestion de réseau 17 transmet des données de vitesse basées sur les données de position et d'épaisseur à l'unité de pilotage de la table X-Y 6, laquelle déplace la table X-Y 6 longitudinalement et latéralement dans un seul plan en contrôlant sa position et sa vitesse. Par 25 le déplacement de la table X-Y 6, la pièce à usiner 5 est déplacée dans ce plan longitudinalement et latéralement par rapport à la tache lumineuse du faisceau laser afin de tracer une ligne de découpage. En conséquence, une partie prédéterminée de la pièce à usiner 5 est découpée par l'énergie élevée du faisceau 30 laser 1. Au moment du découpage, le gaz d'appoint 3 refroidit la périphérie de la partie découpée de la pièce à usiner 5 et chasse un gaz de décomposition produit à partir de la pièce à usiner 5.

35 La tête d'usinage par laser 12 décrite ci-dessus est fixée à l'extrémité inférieure d'une partie

tubulaire verticale du phototube 10 de façon à pouvoir se déplacer verticalement, obturant le phototube 10 pour maintenir un niveau de vide et un gaz de remplissage à l'intérieur. Cette tête d'usinage par laser 12 comprend 5 un mécanisme d'entraînement de la tête qui n'apparaît pas dans le schéma et qui sert à déplacer la tête dans un sens vertical. Bien que cela n'apparaisse pas dans le schéma, une partie de ce mécanisme d'entraînement s'étend vers une partie supérieure externe du phototube 10 et une autre partie est reliée électriquement au tableau de gestion de réseau 17 par un câble afin de transmettre les données de position de focalisation au tableau de gestion de réseau 17.

La référence numéro 18 représente un détecteur 15 d'épaisseur installé sur une partie de la table X-Y où la pièce d'usinage 5 n'est pas fixée. Ce détecteur d'épaisseur 18 mesure une épaisseur de la pièce d'usinage 5 selon les instructions issues du tableau de gestion de réseau 17 et transmet un signal électrique 20 correspondant à l'épaisseur mesurée au tableau de gestion de réseau 17 en tant que données d'épaisseur.

Le tableau de gestion de réseau 17 groupe les données d'épaisseur issues du détecteur d'épaisseur 18 avec le plan de données épaisseur - position optimale de focalisation, prend la position optimale de focalisation dans le plan de données épaisseur - position optimale de focalisation, et transmet un signal électrique correspondant à la position optimale de focalisation au mécanisme d'entraînement de la tête non illustré, en 25 tant que données de position optimale de focalisation. De cette façon, le mécanisme d'entraînement de la tête, non illustré, déplace la tête d'usinage par laser 12 dans un sens vertical selon la donnée de position optimale de focalisation issue du tableau de gestion de réseau 17. En conséquence, la lentille 2 se déplace dans 30 35 un sens vertical avec la tête d'usinage par laser 12

décrise ci-dessus de façon à ce que la position de focalisation 19 du faisceau laser 1 soit réglée à la position optimale par rapport à la pièce d'usinage 5. Autrement dit, immédiatement avant que le découpage ne 5 démarre, la position de focalisation du faisceau laser 1 est réglée à la position optimale en fonction de l'épaisseur de chaque pièce à usiner 5 par le déplacement vertical de la lentille 2 basé sur les mesures issues du détecteur d'épaisseur 18.

10 La référence numéro 20 représente un dispositif de copiage installé sur le côté de la tête d'usinage par laser 12. Ce dispositif de copiage 20 comprend un détecteur de copiage 21 qui s'étend vers la table X-Y 6. Une force de ressort verticale dirigée vers le bas est 15 exercée sur le détecteur de copiage 21 à l'intérieur du dispositif de copiage 20. La partie extrême du détecteur de copiage 21 a une forme d'anneau plat pour pouvoir masquer la périphérie du faisceau laser 1 rayonnée sur la pièce d'usinage 5, comme le montre la Fig. 2, et la 20 face inférieure de l'anneau est mise en contact avec la surface de la pièce d'usinage 5 par la force exercée vers le bas sur le détecteur de copiage 21. Ainsi, le dispositif de copiage 20 mesure de légères variations (différences) de l'épaisseur d'une zone à découper sur 25 une pièce à usiner 5 pendant le processus de découpage de la pièce à usiner 5 selon les déplacements verticaux du détecteur de copiage 21 et suivant les instructions de mesure issues du tableau de gestion de réseau 17. Le dispositif de copiage 20 transmet un signal électrique, 30 correspondant à la différence d'épaisseur mesurée, au tableau de gestion de réseau 17 en tant que données de copiage.

Le tableau de gestion de réseau 17 calcule un niveau de correction en fonction des données de copiage 35 en provenance du dispositif de copiage 20 et transmet un signal électrique correspondant au niveau de correction

au mécanisme d'entraînement de la tête, non illustré, en tant que données de correction. Ainsi, le mécanisme d'entraînement de la tête règle et déplace la tête d'usinage par laser 12 dans un sens vertical en fonction 5 des données de correction issues du tableau de gestion de réseau 17. En conséquence, la lentille 2 est réglée et déplacée dans un sens vertical avec la tête d'usinage par laser 12, par quoi la position optimale de focalisation 19 du faisceau laser 1, réglée selon les 10 mesures issues du détecteur d'épaisseur 18, est corrigée en temps réel en fonction des différences de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner pendant le processus de découpage.

De cette façon, même si pendant le processus de 15 découpage l'épaisseur réelle d'une partie à découper est supérieure ou inférieure à l'épaisseur mesurée, le faisceau laser 1 est rayonné sur la pièce à usiner 5 installée sur la table X-Y 6 afin de découper la pièce à usiner 5 suivant une trajectoire de découpage 20 pré-déterminée, pendant qu'il est maintenu en position optimale de focalisation 19 par rapport à la pièce à usiner 5.

La Fig. 3 montre les résultats d'une évaluation de 25 la qualité du découpage d'une section découpée d'une plaque à estamper de 6,4 mm d'épaisseur en tant que pièce à usiner 5, basés sur la relation entre la vitesse de découpage et la puissance du laser. Sur la figure, les zones A, B, C et D sont identiques à celles de la Fig. 8. Une partie de la zone C où il n'est pas produit 30 de carbure sur la section découpée, indiquée par des lignes diagonales, représente la zone de conditions optimales, et une ligne en gras à l'intérieur de cette zone montre également la condition optimale où la détérioration thermique de la section découpée est au 35 minimum lorsque la position de focalisation 19 est réglée à la position optimale, dans cette réalisation.

En conclusion, lorsque du matériel possédant des caractéristiques d'isolant électrique tel que la plaque à estamper dans cette réalisation doit être découpé, une qualité de découpage bien plus stable peut être obtenue 5 en contrôlant la position de focalisation 19, en fonction d'une épaisseur de la pièce à usiner 5, en plus de la vitesse de découpage et de la puissance du laser.

La Fig. 4 montre la distribution de l'intensité du faisceau laser 1 pour un seul mode, dans la méthode de 10 découpage par laser décrite ci-dessus. Il évident d'après la figure que la distribution de l'intensité du faisceau laser 1 est plus pointue dans la position de focalisation 19 (coupe B-B de la Fig. 4), est déformée dans une position sous la position de focalisation 19 15 (coupe C-C de la FIG. 4) et est également déformée dans une position au-dessus de la position de focalisation 19 (coupe A-A de la Fig. 4), mais moins que dans la position sous la position de focalisation 19.

La Fig. 5 montre des puissances de laser avec 20 lesquelles il est possible de découper des plaques à estamper de 1,6 mm, 3,2 mm et 6,4 mm, en tant que pièces à usiner 5, en modifiant la position de focalisation 19 des faisceaux lasers par rapport à la pièce à usiner 5 et avec une vitesse de découpage fixe de 10 mètres par 25 minute, par exemple. Sur la figure, la position de focalisation 19 située sur la surface de la pièce à usiner 5 est exprimée en  $\pm 0$  mm, la position de focalisation 19 située au-dessus de la surface en + (plus) mm, et la position de focalisation 19 sous la 30 surface (à l'intérieur de l'épaisseur) en - (moins) mm. Il est évident d'après la figure que les puissances de laser nécessaires pour découper les pièces à usiner (5) ayant les mêmes épaisseurs ne sont pas les mêmes lorsque la position de focalisation 19 est différente. Par 35 exemple, dans le cas d'une plaque à estamper de 1,6 mm d'épaisseur et d'une plaque à estamper de 3,2 mm

d'épaisseur, si la position de focalisation 19 est située à une position 1,0 mm sous la surface de la plaque, et si dans le cas d'une plaque à estamper de 6,4 mm d'épaisseur, la position de focalisation 19 est 5 située à une position 2,0 mm sous la surface de la plaque, ces plaques à estamper peuvent être découpées avec la puissance de laser minimale. Autrement dit, comme la méthode de découpage par laser est une méthode de découpage utilisant de l'énergie calorifique, la 10 pièce à usiner 5 peut être découpée avec une énergie minimale et la détérioration thermique peut être évitée en réglant la position de focalisation 19 du faisceau laser 1 à la position optimale vis à vis de la pièce à usiner 5 par rapport à une épaisseur de la pièce à 15 usiner 5 et en utilisant au mieux toute l'énergie projetée sur une partie à découper pour découper cette partie.

Autrement dit, dans la Réalisation 1, une épaisseur de la pièce à usiner 5 est mesurée par le détecteur 20 d'épaisseur 18 avant le découpage ; l'épaisseur mesurée est transmise au tableau de gestion de réseau 17 ; la tête d'usinage par laser 12 est déplacée dans un sens vertical, et la position de focalisation 19 du faisceau laser 1 est réglée à la position optimale par rapport à 25 la pièce à usiner 5. Pendant le processus de découpage, le niveau de variation de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner est mesurée par le dispositif de copiage 20 ; le niveau de variation par rapport à l'épaisseur mesurée est transmise au tableau de gestion de réseau 30 17 ; la tête d'usinage par laser 12 est déplacée dans un sens vertical en fonction du niveau de variation et, tandis que la position de focalisation 19 fixée en 35 position optimale est maintenue, la puissance de laser minimale est sélectionnée en fonction de la position de focalisation et de la vitesse de découpage optimales pour découper la pièce à usiner, permettant ainsi de

découper la pièce à usiner 5 avec une énergie minimale et d'éviter la détérioration thermique de la pièce à usiner 5.

#### Réalisation 2

5        Dans la Réalisation 1 décrite ci-dessus, la vitesse de la table X-Y servant à installer la pièce à usiner 5 et dont le déplacement longitudinal et latéral sur un même plan est contrôlé par l'intermédiaire du tableau de gestion de réseau 17 a été décrite avec référence aux  
10      dessins. Comme le montre la Fig. 6, la table de montage pour installer la pièce à usiner 5 peut être une table fixe 22. Dans ce cas, une paire de montants à rails 23, 24 sont disposés sur les deux côtés opposés de la table fixe 22 le long des côtés de la table, et un montant de  
15      type barrière 25 est installé sur la paire de montants à rails 23, 24 à travers la table fixe 22 de façon à ce qu'elle puisse se déplacer dans un sens horizontal (X). L'oscillateur à laser 7 (voir Fig. 1) incorporant le miroir à réflexion totale 8 (voir Fig. 1) décrit ci-dessus et le miroir à réflexion partielle 9 (voir Fig. 1), le phototube (10) (voir Fig. 1) incorporant le miroir courbé 11 (voir Fig. 1), et la tête d'usinage par laser 12 fixée sur le phototube 10, lesquels peuvent être déplacés dans un sens vertical, sont fixés sur la  
20      partie supérieure du montant de type barrière 25 de façon à ce qu'ils puissent se déplacer dans un sens (Y) perpendiculaire au sens de déplacement du montant de type barrière 25 décrit ci-dessus. La position longitudinale et latérale et la vitesse de l'oscillateur à laser 7, de la tête d'usinage par laser 12, le phototube 10 inclus, et du montant de type barrière 25 sont contrôlées par le tableau de gestion de réseau 17. La combinaison du déplacement dans le sens X du montant de type barrière 25 et du déplacement dans le sens Y de  
25      30      35      la tête d'usinage par laser 12 détermine la position du faisceau laser 1 à une position prédéterminée de la

table fixe 22 de façon à ce que le faisceau laser 1 puisse tracer une trajectoire de découpage prédéterminée sur la pièce à usiner installée sur la table fixe 22.

Réalisation 3

5 Dans les réalisations ci-dessus, des plaques à estamper sont découpées avec un laser à CO<sub>2</sub> en continu. Un laser YAG, un laser à Argon ou un laser à excimère en continu ou en impulsion, peuvent être utilisés comme source laser 1 à la place du laser à CO<sub>2</sub>. Par ailleurs, 10 la pièce à usiner 5 ne se limite pas à une plaque à estamper mais tout matériel pouvant être découpé par un faisceau laser est utilisable.

Réalisation 4

15 Dans les réalisations ci-dessus, le détecteur d'épaisseur 18 et le détecteur de copiage 21 sont de type à contact, mais ces détecteurs peuvent être de type sans contact tel un détecteur optique de type à réflexion.

20 Comme il a été décrit dans les pages précédentes, suivant la première réalisation de l'invention, étant donné qu'une épaisseur de la pièce à usiner est mesurée, que la position optimale de focalisation adaptée à l'épaisseur mesurée est déterminée, et que la pièce à usiner est découpée avec le faisceau laser en corrigéant 25 la puissance du laser en fonction de la position de focalisation et de la vitesse de découpage, un découpage de haute qualité avec peu d'effets thermiques tels que des brûlures peut être réalisé en utilisant l'énergie du faisceau laser de façon efficace pour découper la pièce à usiner. Par ailleurs, suivant la première réalisation, étant donné que la puissance du laser est corrigée en fonction de la position de focalisation et de la vitesse de découpage optimales adaptées à l'épaisseur mesurée 30 sur la pièce à usiner, il est possible de réduire la puissance du laser au minimum nécessaire pour découper la pièce à usiner afin d'économiser de l'énergie.

Suivant la seconde réalisation de l'invention, étant donné que la position optimale de focalisation du faisceau laser par rapport à la pièce à usiner reste dans les limites d'une épaisseur de la pièce à usiner, 5 la puissance de laser pour osciller le faisceau laser avec lequel la pièce à usiner est découpée est minimisé, permettant ainsi d'économiser encore de l'énergie.

Suivant la troisième réalisation de l'invention, étant donné qu'une épaisseur de la pièce à usiner est 10 mesurée par un détecteur d'épaisseur une fois que la pièce à usiner est installée sur la table de montage, l'opérateur n'a pas besoin de chercher un calibre pour mesurer l'épaisseur, ce qui facilite la tâche de mesurage. Par ailleurs, suivant la troisième 15 réalisation, étant donné que le détecteur d'épaisseur est installé sur une partie de la table de montage où la pièce à usiner n'est pas installée, le détecteur d'épaisseur ne gêne pas lors de l'installation de la pièce à usiner sur la table de montage.

Suivant la quatrième réalisation de l'invention, étant donné que le détecteur d'épaisseur ne mesure une épaisseur de la pièce à usiner avec précision que lorsque aucun élément n'empêche la mesure entre la pièce à usiner et le détecteur d'épaisseur en contact avec la 25 pièce à usiner, la fiabilité de l'épaisseur mesurée est accrue.

Suivant la cinquième réalisation de l'invention, étant donné que le détecteur d'épaisseur mesure une épaisseur de la pièce à usiner avec précision sans 30 contacter la pièce à usiner, le détecteur d'épaisseur n'endommage pas la pièce à usiner, assurant ainsi la fiabilité de la qualité du découpage de la pièce à usiner.

Suivant la sixième réalisation de l'invention, 35 étant donné que le dispositif de copiage mesure de légères variations de l'épaisseur d'une partie de la

pièce à usiner pendant le processus de découpage et corrige l'épaisseur mesurée de la pièce à usiner en temps réel immédiatement avant le découpage, un programme enregistré dans l'unité de commande est plus 5 simple que le calcul du niveau de correction par l'unité de commande, et le calcul par l'unité de commande peut être accéléré.

Suivant la septième réalisation de l'invention, étant donné que le dispositif de copiage ne mesure de 10 légères variations de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner avec précision que lorsque aucun élément n'empêche la mesure entre le dispositif de copiage en contact avec la pièce à usiner et la pièce à usiner et corrige l'épaisseur mesurée de la pièce à usiner en 15 temps réel immédiatement avant le découpage, la fiabilité des variations mesurées est accrue.

Suivant la huitième réalisation de l'invention, étant donné que le dispositif de copiage mesure de 20 légères variations de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner avec précision sans contacter la pièce à usiner, et corrige l'épaisseur mesurée de la pièce à usiner en temps réel immédiatement avant le découpage, le dispositif de copiage n'endommage pas la pièce à usiner, assurant ainsi la fiabilité de la qualité du 25 découpage de la pièce à usiner.

Suivant la neuvième réalisation de l'invention, étant donné que les déplacements longitudinaux et latéraux du faisceau laser dans un plan par rapport à la pièce à usiner sont réalisés par la table X-Y, le découpage est assuré par une combinaison des 30 déplacements verticaux et horizontaux.

Suivant la dixième réalisation de l'invention, étant donné que les déplacements longitudinaux et latéraux du faisceau laser dans un plan par rapport à la 35 pièce à usiner sont réalisés par la table X-Y et que la position optimale de focalisation du faisceau laser par

rapport à la pièce à usiner est obtenue par le déplacement vertical de la tête d'usinage par laser, le découpage est assuré par une combinaison des déplacements verticaux et horizontaux.

5 Suivant la onzième réalisation de l'invention, le montant à barrière est déplacé dans un sens et la tête d'usinage par laser est déplacée dans un autre sens, perpendiculaire au sens de déplacement du montant à barrière. Étant donné que les déplacements  
10 longitudinaux et latéraux du faisceau laser dans un plan par rapport à la pièce à usiner sont réalisés par le déplacement du montant à barrière dans un sens et par le déplacement de la tête d'usinage par laser dans un autre sens, et que la position optimale de focalisation du  
15 faisceau laser par rapport à la pièce à usiner est obtenue par le déplacement vertical de la tête d'usinage par laser, le découpage est assuré par une combinaison des déplacements verticaux et horizontaux.

Suivant la douzième réalisation de l'invention,  
20 étant donné que la pièce à usiner est découpée avec un faisceau laser d'un laser à gaz, l'émission continue du faisceau laser est facilitée, la cohérence du faisceau laser est excellente, et la fiabilité de la qualité du découpage de la pièce à usiner peut être assurée.

25 Suivant la treizième réalisation de l'invention, étant donné que la pièce à usiner est découpée avec un faisceau laser d'un laser solide, une puissance élevée peut être facilement obtenue avec un laser de petite taille et la fiabilité de la qualité du découpage de la  
30 pièce à usiner peut être assurée.

## REVENDICATIONS

1. Une méthode de découpage par laser où une pièce à usiner est installée et positionnée sur la table de montage d'une machine découpeuse à laser, le faisceau d'un rayon laser issu d'un oscillateur à laser de la machine découpeuse à laser est irradié sur la pièce à usiner selon des instructions en provenance d'une unité de commande de la machine découpeuse à laser, et la pièce à usiner est découpée par l'énergie thermique du faisceau tandis que la table de montage est déplacée par rapport au rayon laser dans un même plan afin de tracer une trajectoire de découpage prédéterminée, comprenant les étapes suivantes :

la transmission d'une épaisseur mesurée de la pièce à usiner à l'unité de commande,

le réglage et la correction dans l'unité de commande, de la position optimale de focalisation du faisceau laser, en fonction de l'épaisseur mesurée,

le réglage d'une vitesse de découpage en fonction de l'épaisseur mesurée dans l'unité de commande, et

le réglage d'une puissance du laser dans l'oscillateur à laser, en fonction de l'épaisseur mesurée.

2. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 1, où la position optimale de focalisation reste dans les limites de l'épaisseur de la pièce à usiner

3. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 1, où une épaisseur de la pièce à usiner est mesurée par un détecteur d'épaisseur disposé sur une partie de la table de montage où la pièce à usiner n'est pas installée.

4. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 3, où une épaisseur de la pièce à usiner installée sur la table de montage est mesurée par contact avec la surface de la pièce à usiner.

5

5. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 3, où une épaisseur de la pièce à usiner installée sur la table de montage est mesurée sans contact avec la surface de la pièce à usiner.

10

6. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 1, où un dispositif de copiage attaché à un phototube soutenant une tête d'usinage par laser pour irradier le faisceau du rayon laser de la machine découpeuse à laser sur la pièce à usiner de façon à ce que le faisceau puisse se déplacer dans un sens vertical, mesure une faible variation de l'épaisseur d'une partie de la pièce à usiner avec un détecteur de copiage pendant le processus de découpage, et transmet le niveau de variation mesurée à l'unité de commande, puis l'unité de commande calcule le niveau de correction en fonction du niveau de variation mesurée reçue en provenance de l'unité de commande et déplace légèrement la tête d'usinage par laser dans un sens vertical afin de corriger la position optimale de focalisation du rayon laser par rapport à la pièce à usiner.

30

7. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 6, où le dispositif de copiage mesure une épaisseur de la pièce à usiner installée sur la table de montage par contact avec la surface d'une partie de la pièce à usiner à proximité d'une partie irradiée par le rayon laser.

35

8. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 6, où le dispositif de copiage mesure une épaisseur de la pièce à usiner installée sur la table de montage, sans contact avec la surface de la pièce à usiner.

9. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 1, où la table de montage est une table X-Y se déplaçant longitudinalement et latéralement dans un plan, et la table de montage est déplacée par rapport au rayon laser dans le plan par ce déplacement de la table X-Y afin de tracer la trajectoire de découpage prédéterminée.

10 15 10. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 1, où la trajectoire de découpage prédéterminée est tracée par le déplacement dans ce plan de la table X-Y en tant que table de montage, tandis que la position optimale de focalisation du rayon laser par rapport à la pièce à usiner est corrigée par le déplacement vertical de la tête d'usinage par laser pour diriger le faisceau concentré du rayon laser de la machine découpeuse à laser sur la pièce à usiner.

20 25 11. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 1, où une paire de montants à rails sont installés le long des côtés opposés d'une table fixe en tant que table de montage ; un montant de type barrière est installé sur la paire de montants à rails à travers la table fixe de façon à ce qu'il puisse se déplacer sur un plan dans un sens longitudinal ou latéral ; la tête d'usinage par laser, qui peut se déplacer dans le sens vertical, est installée sur le montant de type barrière de façon à ce qu'elle puisse se déplacer dans un autre sens perpendiculaire au parcours du montant de

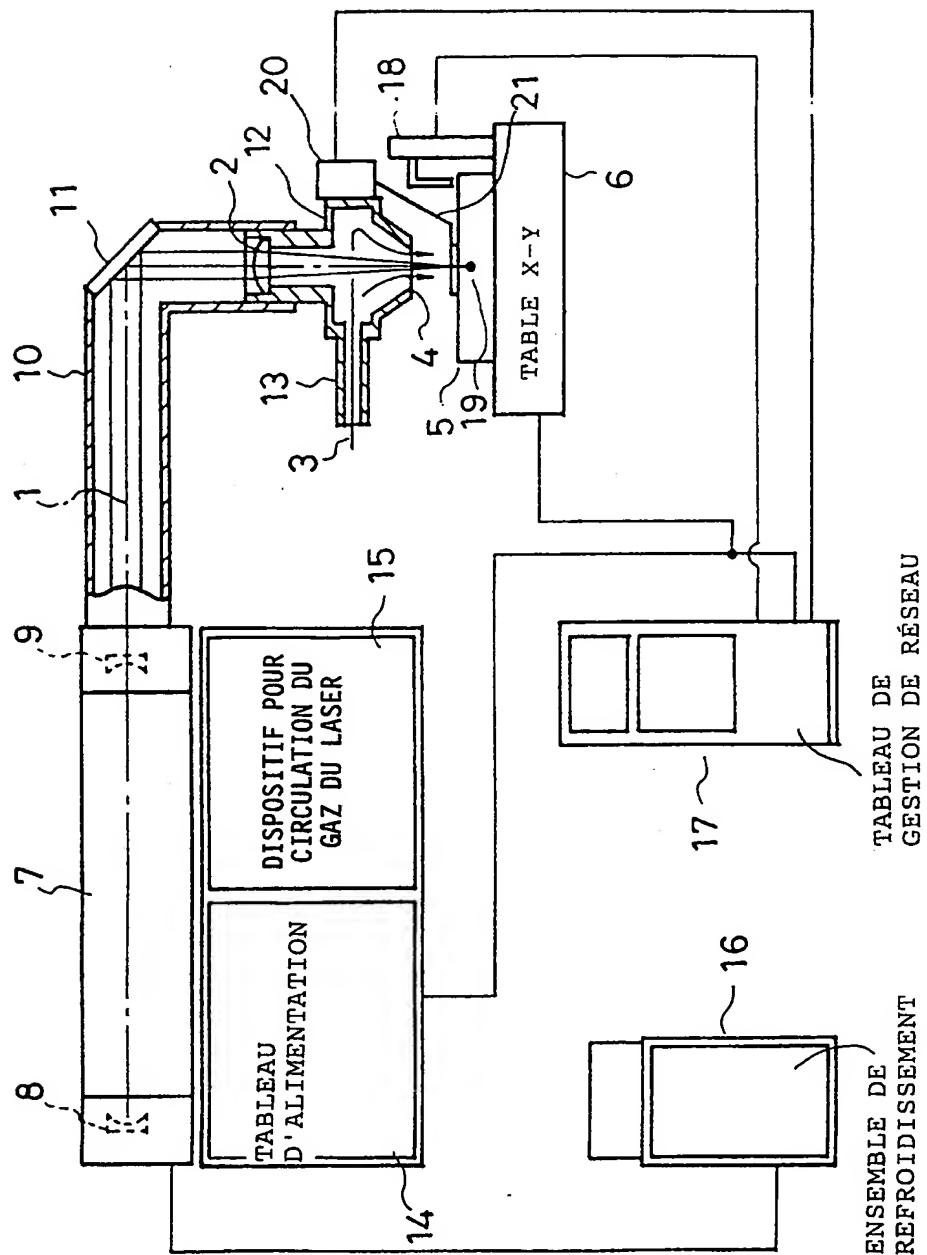
type barrièr , et la trajectoire de découpage prédéterminée est tracée par l'effet combiné du déplacement de la tête d'usinage par laser et du déplacement du montant de type barrière dans un même 5 plan.

12. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 1, caractérisée en ce que le rayon laser est généré par un laser à gaz.

10

13. La méthode de découpage par laser suivant la revendication 1, caractérisée en ce que le rayon laser est généré par un laser solide.

FIG. 1



2/8

FIG. 2

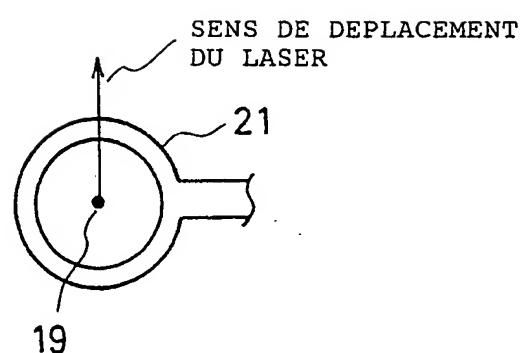


FIG. 3

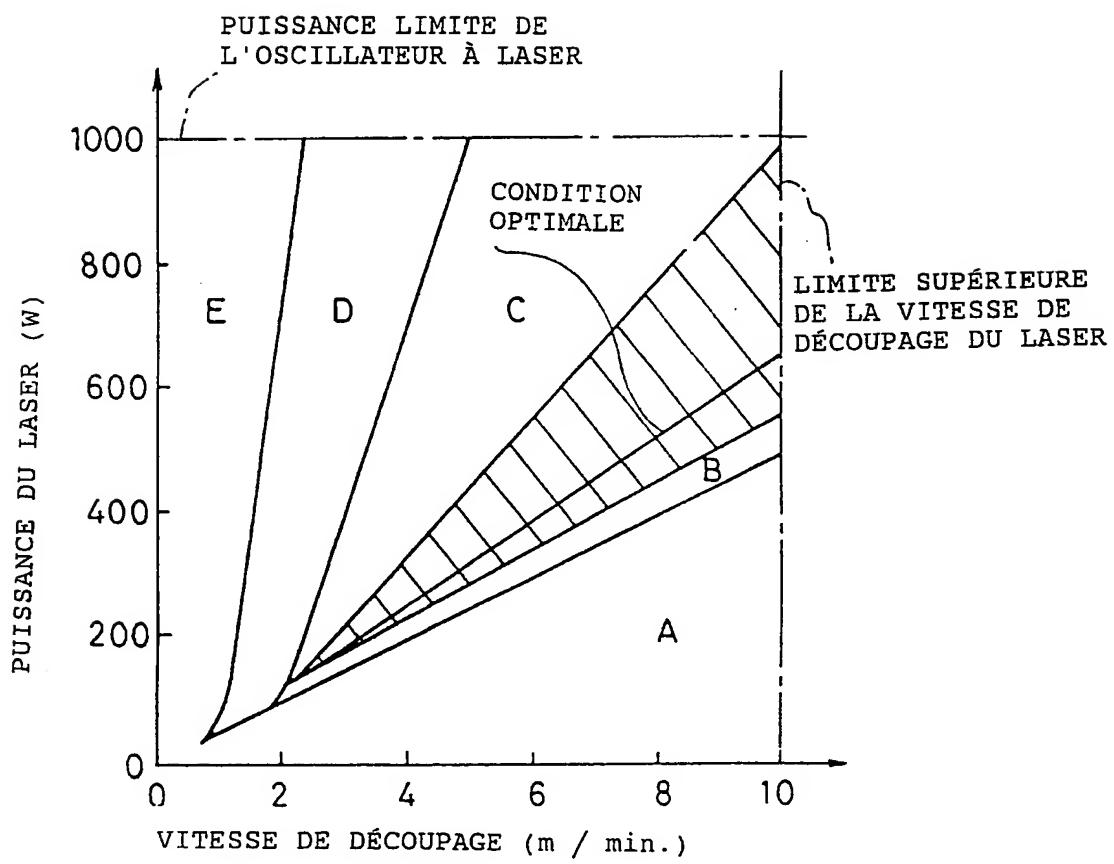


FIG. 4

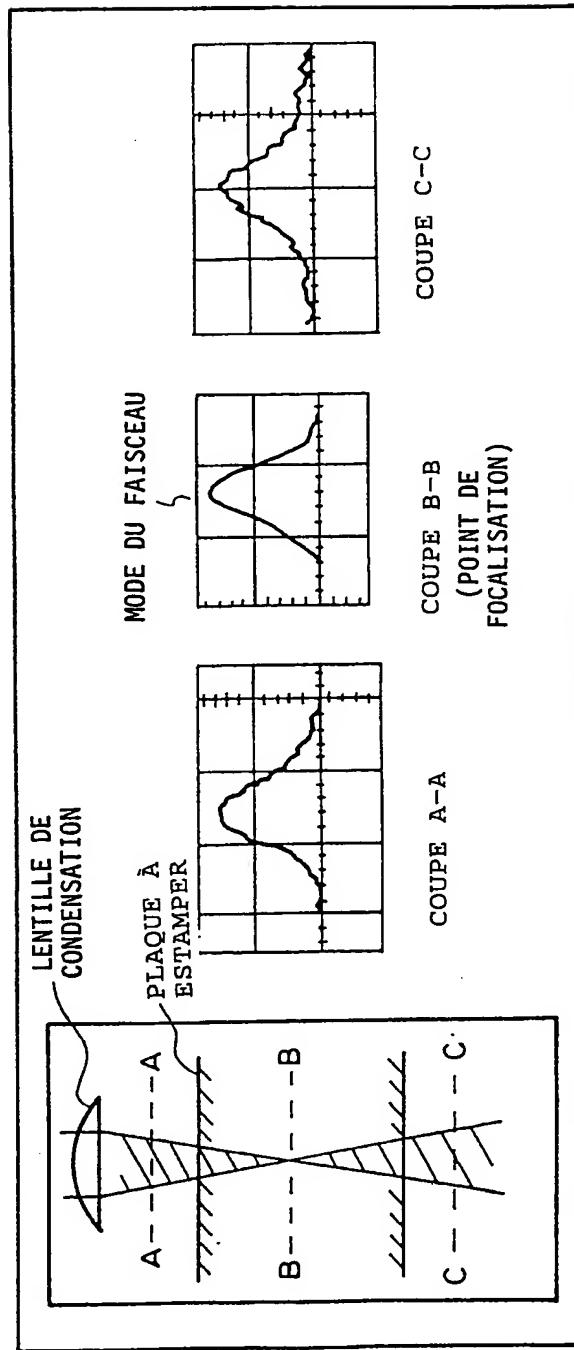
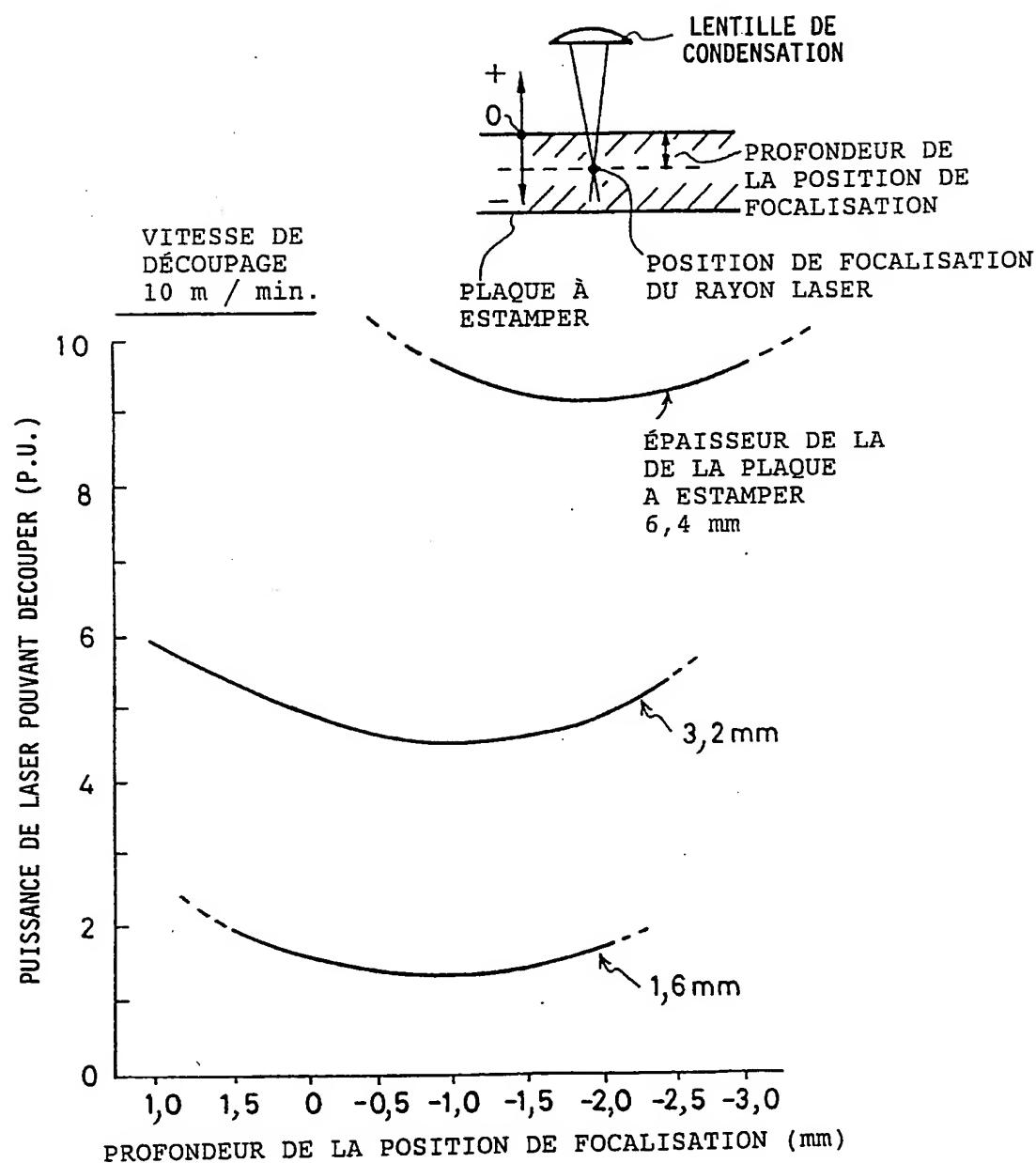


FIG. 5



6/8

FIG. 6

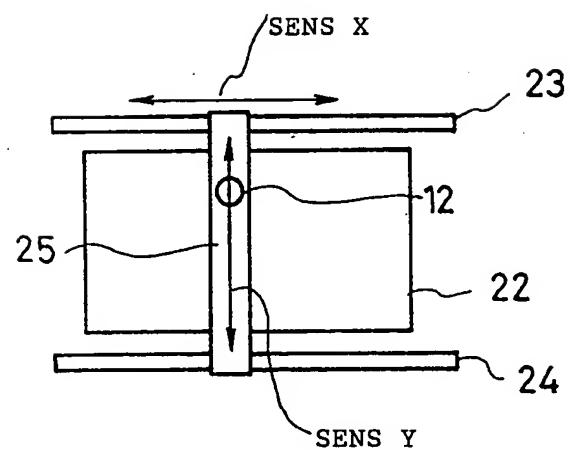
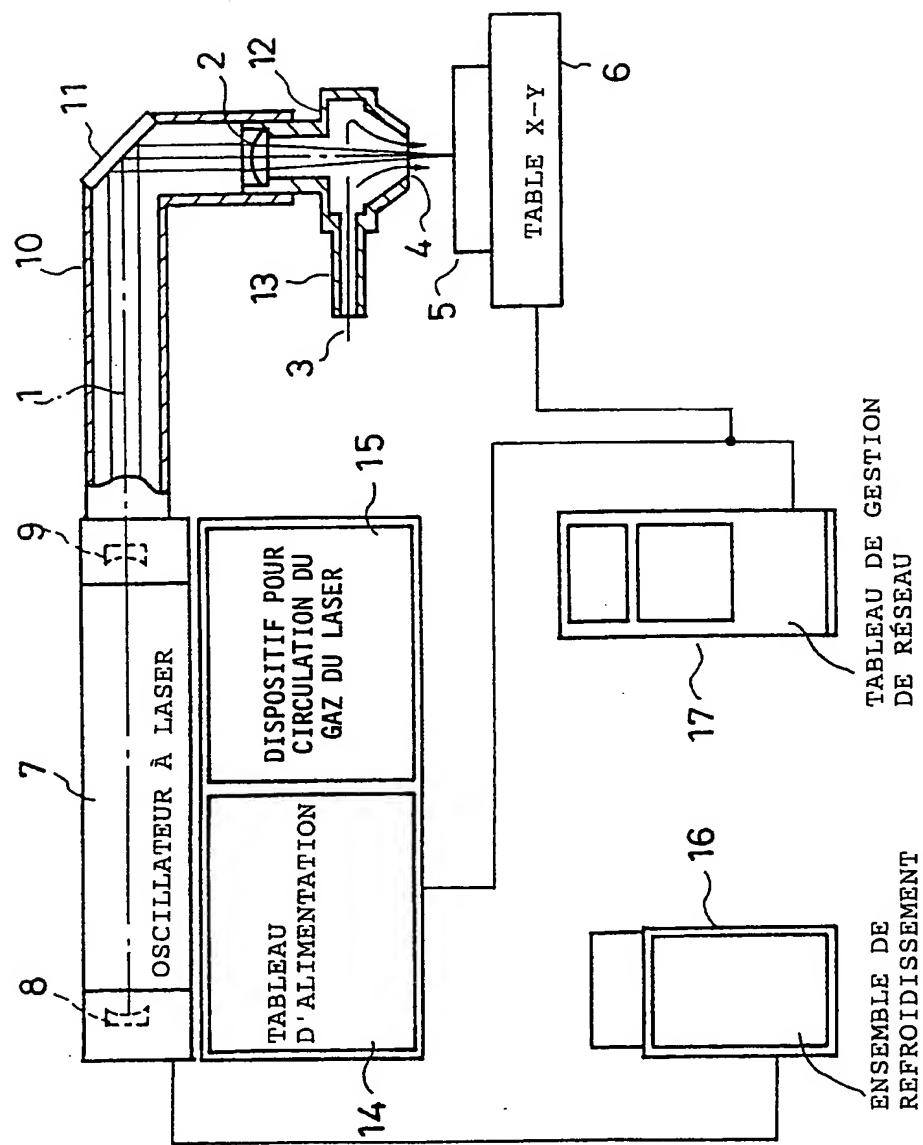


FIG. 7 ETAT DE LA TECHNIQUE



8 / 8

FIG. 8 ETAT DE LA TECHNIQUE

